

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. Dr. A. Neff
Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Direktor: Prof. Dr. med. dent. R. Frankenberger
des Fachbereichs Medizin
der Philipps-Universität Marburg
in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH,
Standort Marburg

**Evaluation von Perforationsdeckungen in
endodontologischen Fachpraxen
– eine retrospektive Multicenter-Studie**

Inaugural- Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Valérie Pontius
aus Chur
Berlin, 2012

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:
25.09.2012

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Rothmund

Referent: Prof. Dr. med. dent. Roland Frankenberger

Korreferent: Prof. (apl.) Dr. med. dent. Michael Gente

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung	1
2	Literaturübersicht	2
2.1	Ätiologie von Wurzelperforationen	2
2.2	Ziele der Perforationsbehandlung	4
2.3	Häufigkeit von Perforationen	4
2.4	Parameter für den Erfolg von Perforationsbehandlungen	5
2.5	Materialien für Perforationsdeckungen	6
2.6	Auswertung	8
3	Zielsetzung	9
4	Material und Methode	11
4.1	Das Patientengut	11
4.2	Methodisches Vorgehen	11
5	Ergebnisse	15
5.1	Allgemeine Merkmale des Kollektivs	15
5.2	Therapie der Perforation	35
5.3	Recall-Befunde	39
5.4	Einfluss verschiedener Faktoren auf den Behandlungserfolg	47
5.5	Misserfolge	52
6	Diskussion	54
6.1	Diskussion der Methodik	54
6.2	Diskussion der Ergebnisse	60
6.3	Die angewandten Erfolgskriterien	77
6.4	Gründe für den Behandlungserfolg	77
6.5	Ausblick	80
6.6	Alternativtherapie: Implantatversorgung	81
6.7	Klinische Relevanz	82

7 Zusammenfassung	85
7 Summary	87
8 Anhang	89
8.1 Exemplarische Fallvorstellungen – Behandlungserfolge	89
8.2 Exemplarische Fallvorstellungen – Misserfolge	142
9 Literaturverzeichnis	195
10 Abkürzungsverzeichnis	204
Verzeichnis der akademischen Lehrer	207
Danksagung	208

1 Einleitung und Problemstellung

Die American Association of Endodontists (AAE) definierte im Jahr 2003 eine Wurzelperforation als mechanische oder pathologische Verbindung zwischen dem stützenden parodontalen Zahnapparat und dem Wurzelkanalsystem. Sie kann iatrogene oder pathologische Ursachen haben. Zu erster zählen Komplikationen, die während der endodontischen Behandlung oder im Rahmen rekonstruierender Verfahren wie zum Beispiel der Wurzelstiftpräparation auftreten können. Pathologische Prozesse, die eine Verbindung zwischen dem Wurzelkanalsystem und dem Parodont zur Folge haben, können Karies oder resorptive Prozesse sein (Baumann & Beer 2007).

Die Wurzelperforation stellt eine schwierig zu therapierende Behandlungssituation dar. Einerseits führt die Perforation zu einer potenziellen Infektion des Parodonts, da Keime aus dem Bereich des Pulpenkavums durch die entstandene Verbindung in das Parodont hinein überimpft werden können oder nachfolgend dorthin penetrieren können. Andererseits führen die Umgebungsverhältnisse, insbesondere Blutungen aus dem Parodont sowie die Wurzelanatomie und die Beschaffenheit des Zahnhalteapparats, zu einer schwierig zu behandelnden Verletzung des Zahnhartgewebes und der ihn umgebenden Weichteilstrukturen. Mangelnde Kenntnisse oder Erfahrung des behandelnden Zahnarztes sowie fehlende Ausstattung sind oft Gründe, die zur Extraktion eines so geschädigten Zahns führen. Hingegen lassen sich Perforationen bei entsprechender Erfahrung und geeigneter instrumenteller Ausstattung adäquat therapieren und die Extraktion des betreffenden Zahns möglicherweise vermeiden. Daher gehört die Behandlung solcher Fälle in die Hände eines entsprechend ausgebildeten Spezialisten.

Hinsichtlich der Prognose solcher Behandlungen liegen teils konträre Daten vor (Clauder & Shin 2009, Kvinnsland et al. 1989, Fuss & Trope 1996). Dies macht die Vorhersage zur Erfolgswahrscheinlichkeit solcher Behandlungen nicht einfach. Allerdings ist es insbesondere für die langfristige Planung nicht unerheblich, welche Prognose eine Perforationsdeckung letztendlich hat. Besonders für die Eignung eines Zahnes zur Aufnahme eines prothetischen Ersatzes ist die Beantwortung der Frage der Erfolgswahrscheinlichkeit von herausragender Bedeutung.

2 Literaturübersicht

2.1 Ätiologie von Wurzelperforationen

Wurzelperforationen sind eine häufige Komplikation bei Wurzelkanalbehandlungen und Wurzelstiftpräparationen. Nach Kvinnsland (1989) sind 53 % der iatrogen verursachten Perforationen Folge von Wurzelstiftpräparation und 43 % von Wurzelkanalbehandlung.

Clauder & Shin (2009) teilten Perforationen nach dem Zeitpunkt des Auftretens ein:

- *Gruppe A:* Präoperatives Auftreten, typischerweise pathologisch, z.B. Resorption oder Karies;
- *Gruppe B:* Perioperative oder intraoperative Behandlungsfehler, z.B. während des Schaffens der Zugangskavität oder bei Instrumentierung der Kanäle; oder
- *Gruppe C:* Postoperative Behandlungsfehler, z.B. während der Wurzelstiftpräparation.

Die Kronen von Zähnen wurden durch inkorrekte Positionierung des Bohrers zur Zahnachse häufig perforiert, wenn anatomische Variationen nicht in Betracht gezogen wurden (Gutmann et al. 2006). Eine genaue Betrachtung der Röntgenbilder ist wichtig, um die Form und Tiefe der Pulpenkammer und die Breite des Furkationsbodens einschätzen zu können (Tsisis & Fuss 2006). Signifikante Kronen-Wurzel-Angulationen, Kalzifizierung der Pulpenkammer und Kanaleingänge, anatomische Variationen, Fehldarstellung von Kanälen und übermäßiges Abtragen koronalen Dentins sind häufige Gründe für das Auftreten von Perforationen im koronalen Zahnanteil. Beim Versuch, kalzifizierte Kanaleingänge aufzufinden oder bei einem exzessiven koronalen Flaring im zervikalen Teil gekrümmter Wurzeln können laterale Wurzelperforationen im Wurzelkanal verursacht werden (Lee et al. 1993). Perforationen, die durch ein übereifriges Instrumentieren verursacht werden, treten meist im koronalen oder mittleren Teil der Wurzel auf, weisen typischerweise eine ovoide Form auf und werden als Strip-Perforationen bezeichnet. Der exzessive Einsatz von Gates-Glidden-Bohrern oder

massive Kanalerweiterung können zu diesen Behandlungsfehlern führen (Clauder & Shin 2009). Perforationen im apikalen Wurzelbereich sind meist bedingt durch die Erfolglosigkeit, den Wurzelkanal sachgemäß zu reinigen und auszuformen und werden oft von Verblockungen und Stufen begleitet (Ruddle 2002).

Ferner kann es im Rahmen der Wurzelstiftpräparation durch eine übermäßige Ausweitung oder falsche Angulation des Instruments im Rahmen der Stiftkanalpräparation zur Perforation kommen (Clauder & Shin 2009). Zwar ist das beste Management einer Perforation, diese zu verhindern (Gutmann et al. 2006), doch ist es unerlässlich, eine Perforation zu diagnostizieren und adäquat zu behandeln, wenn sie aufgetreten ist (Clauder & Shin 2009).

Wenn die betroffenen Zähne von strategischer Bedeutung sind, ist die Behandlung der Perforation wann immer möglich indiziert (Menezes et al. 2005).

Die Toronto-Studien zeigen, dass die zwei entscheidenden Faktoren, die den Erfolg einer nicht-operativen endodontischen Behandlung negativ beeinflussen, eine präoperativ bestehende apikale Parodontitis und das Vorhandensein einer Perforation sind (Farzaneh et al., 2004a, Farzaneh et al. 2004b).

Die Erfolgsquote bei Zähnen mit präoperativ vorhandenen Perforationen lag in der 1. und 2. Phase der Toronto-Studie 2004 bei 42 % im Vergleich zu 89 % ohne bestehende Perforation. Perforationen wurden mit den Glas-Ionomer-Zementen *Vitrebond* (3M, St. Paul, MN, USA) oder *Photac-bond* (ESPE, Seefeld, Deutschland) ohne extraradikuläre Matrix verschlossen. Alle Behandler arbeiteten mit Lupenbrillen.

In der 3. und 4. Phase der Toronto-Studie 2008 wurden vorhandene Perforationen mit MTA (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) unter dem OP-Mikroskop versorgt. Hier lagen die Erfolgsquoten bei 56 % im Vergleich zu 87 % ohne präoperativ vorhandene Perforation (de Chevigny et al. 2008).

In beiden Studien erfolgte die Behandlung durch von Spezialisten betreute Zahnärzte im Postgraduate-Studium der Endodontie (de Chevigny et al. 2008, Farzaneh et al. 2004a, Farzaneh et al. 2004b, Friedman et al. 2003).

2.2 Ziele der Perforationsbehandlung

Beim Management von Perforationen ist das Ziel, die Entzündung und den Verlust der Gewebehaftung aufzuhalten, indem das gesunde Gewebe im Perforationsbereich erhalten wird (Baumann & Beer 2007). Eine Perforation muss mit einem geeigneten Material gedeckt werden, wobei entsprechende Anforderungen des Materials an ein gutes Handling, eine schnelle Aushärtung, eine biologische Verträglichkeit und Hartgewebsinduktion gestellt werden (Clauder & Shin 2009). Zudem soll das Material über gute Abdichtungseigenschaften verfügen (Cohen 2002).

Ist eine parodontale Tasche entstanden, ist das Behandlungsziel natürlich auch eine vollständige parodontale Regeneration (Clauder & Shin 2009).

Die endodontische Behandlung soll darauf ausgerichtet sein, in allen Phasen eine maximale Elimination pathogener Bakterien zu erreichen und eine anschließende Neubesiedlung durch einen bakteriendichten Verschluss zu verhindern (Sjögren et al. 1990, Torabinejad et al. 1990).

2.3 Häufigkeit von Perforationen

Das Vorliegen von Perforationen bei Wurzelkanal-Revisionen liegt laut Literatur zwischen 2,3 und 12 % (Farzaneh et al. 2004a, Gorni & Gagliani 2004).

Kvinnsland et al. (1989) fanden ein vermehrtes Auftreten von Perforationen im Oberkiefer (73%), wohingegen die Inzidenz im Unterkiefer mit 27% deutlich reduziert war. Eine konträre Beobachtung machten Tsesis et al. (2010), die knapp 55% der Perforationen in Unterkiefermolaren fanden. Perforationen an allen Oberkiefer-Inzisivi fanden sich labial, wobei als Ursache ein Unterschätzen der palatinalen Inklination der Wurzeln durch den Behandler gefunden wurde. In mehrwurzeligen Zähnen kam es bei der Suche nach Kanaleingängen häufig zu Perforationen am Pulpenkammerboden (Arens & Torabinejad 1996).

2.4 Parameter für den Erfolg von Perforationsbehandlungen

Eine durch die Perforation entstandene Verletzung des Parodonts führt in der Regel zu einer Entzündungsreaktion, Destruktion der parodontalen Fasern, Knochenabbau und letztlich zu der Entwicklung einer parodontalen Tasche (Abou-Rass et al. 1980, Eleftheriadis & Lambrianidis 2005). Wird die Perforation nicht behandelt, kann der Zusammenbruch des Zahnhalteapparates zum Verlust des Zahnes führen (Clauder & Shin 2009). Daher ist das Erkennen einer vorliegenden Perforation von entscheidender Bedeutung, denn je mehr Zeit bis zur Behandlung vergeht, desto schlechter wird die Prognose für den betroffenen Zahn. Das erste klinische Zeichen einer Perforation ist oft eine exzessive Blutung aus dem verletzten Bereich (Alhadainy 1994, Bryan et al. 1999). Ein plötzliches Auftreten von Schmerzen, sollte das entsprechende Gebiet nicht oder nicht ausreichend anästhesiert sein, deutet außerdem darauf hin, dass die den Zahn umgebenden Knochenstrukturen verletzt wurden. Das Vorliegen von Strip-Perforationen und die ungefähre Höhe der Perforation kann durch das Vorhandensein von Blut an Papierspitzen festgestellt werden. Außerdem kann mit einem elektrometrischen Längenmessgerät (z.B. Raypex, VDW, München) eine Perforation detektiert oder bestätigt werden (Kaufman et al. 1997, Kaufman & Keila 1989). Wichtig für die Diagnose sind zudem Röntgenbilder aus verschiedenen Winkeln. Allerdings können bukkale und orale Wurzelpartien auf diese Weise nicht beurteilt werden. Zudem weisen ein Fistelgang, eine Taschenbildung oder eine Furkationsbeteiligung auf eine Perforation hin (Alhadainy, 1994).

Die Prognose für die Perforationsbehandlung hängt davon ab, wie groß der zeitliche Abstand zwischen Auftreten und Versorgung der Perforation ist (Tab. 1). Außerdem spielen Größe und Lage der Perforation eine entscheidende Rolle (Fuss and Trope, 1996). Die Lage der Perforation in Bezug auf den epithelialen Ansatz und den Knochenkamm ist der vermutlich wichtigste prognostische Faktor. Je näher die Perforation an dieser kritischen Zone liegt, desto schlechter ist die Prognose wegen der Sukzeptibilität der Perforation für eine Kontamination mit Bakterien aus der Mundhöhle (Clauder & Shin 2009).

Tab. 1: Prognose von Perforationsbehandlungen (Baumann & Beer 2007)

gute Prognose	schlechte Prognose
• frisch	• alt
• klein	• groß
• apikal-koronal	• in Höhe des Alveolarkamms

2.5 Materialien für Perforationsdeckungen

Für die Reparatur von Perforationen werden unterschiedliche Materialien vorgeschlagen, so zum Beispiel Mineraltrioxidaggregat (MTA) (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA), Amalgam, *Cavit* (3M ESPE, Neuss), Calciumhydroxid, *Super EBA* (Bosworth, USA), Glasionomermzement, Komposit, Guttapercha und Zinkoxid-Eugenolzement.

MTA scheint anderen Materialien bei der Reparatur von Perforationen überlegen zu sein (Lee et al. 1993, Clauder & Shin 2009, Zairi et al. 2012, Pitt Ford et al. 1995). So weist es eine hohe Biokompatibilität auf, fördert die Regeneration von Zahnzement und erleichtert folglich die Regeneration des Parodonts (Baumann & Beer 2007). MTA benötigt beim Aushärten eine gewisse Feuchtigkeit und erreicht so ein optimales Abdichtungsvermögen und seine Endhärte (Torabinejad et al. 1997). MTA ist als graues Originalpräparat und seit einiger Zeit zudem als weißes Präparat erhältlich, welches kein Eisen enthält. Die beiden Materialien scheinen eine vergleichbar hohe Biokompatibilität aufzuweisen (Holland et al. 2001). Es wurde keine oder nur eine geringe Entzündungsreaktion beobachtet, wenn MTA als Wurzelspitzen-Füllmaterial bei Hunden (Torabinejad et al. 1997, Torabinejad et al. 1995) oder Affen (Torabinejad et al. 1997) eingesetzt wurde. Des weiteren haben sich in diesen Studien Zelllinien auf der MTA-Oberfläche gebildet, was zeigt, dass MTA nicht oder nur gering zytotoxisch ist. Das Material zeigte in verschiedenen Studien außerdem, dass es Hartgewebs-induzierend ist. So berichteten Pitt Ford et al. von einer kontinuierlichen Hartgewebsanlagerung an MTA-Überschüssen bei der Perforationsdeckung (Pitt Ford et al. 1995).

Auch zur Perforationsdeckung im furkalen Bereich in Zähnen von Hunden führte MTA (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) in einer Studie von Zairi et al. (2012) zu einer weitaus geringeren Entzündungsreaktion als der Zinkoxid-Eugenol-Zement *IRM* (Dentsply, York, PA, USA) oder der Wachstumsfaktor transforming growth factorbeta1 (TGFbeta1). Verglichen mit MTA fand eine höhere Rate an epithelialer Proliferation in der Gruppe der Wachstumsfaktoren TGFbeta1, basic fibroblast growth factor (bFGF), und insulin growth factor-I (IGF-I) statt. Signifikant höhere Raten an Knochenformation wurden in den Kontrollgruppen *IRM* und MTA verglichen mit dem osteogenic protein-1 (OP-1) gefunden. Ausserdem wurden signifikant höhere Raten an Zementformation in den IGF-I and bFGF Gruppen verglichen mit *IRM* beobachtet. Keine der biologisch aktiven Moleküle konnten für den Verschluss furkaler Perforationen empfohlen werden, obwohl Wachstumsfaktoren einen stimulatorischen Reiz für Zementformation gaben und Kollagenformation inhibierten. MTA wies für die Perforationsdeckung bessere Resultate als die Wachstumsfaktoren auf (Zairi et al. 2012).

Vor Beginn einer Perforationsdeckung muss der Behandler sich für ein geeignetes Material entscheiden und zudem abwägen, ob eine extraradikuläre Matrizie zur Anwendung kommen soll. Diese sollte möglichst resorbierbar sein und dient dazu, dass das Reparaturmaterial gezielt eingesetzt werden kann, die Extrusion von Füllmaterial weitgehend vermieden werden kann und die Form des Perforationsverschlusses dem des Wurzelverlaufs entspricht. In der Regel wird für MTA keine Matrizie benötigt, da es hoch biokompatibel ist und kontrolliert appliziert werden kann, so dass sich an seiner Oberfläche problemlos neue Zellen ansiedeln können (Koh et al. 1998, Zhu et al. 2000, Pistorius et al. 2003, Yoshimine et al. 2007).

Die Materialauswahl hängt davon ab, wie gut der Zugang zu der Perforation ist, ob der Behandler in der Lage ist, sie von Feuchtigkeit zu isolieren und welche ästhetischen Ansprüche bestehen (Ruddle 2002). Meistens ist MTA das Material der Wahl. Mit einer Aushärungszeit von mindestens 3 Stunden ist die Anwendung oberhalb des Knochenkamms einschränkt, da das Material ausgewaschen werden kann, bevor es ausgehärtet ist. Graues MTA kann zu Verfärbungen führen und ist daher in ästhetisch relevanten Bereichen nicht indiziert (Bortoluzzi et al. 2007).

2.6 Auswertung

2.6.1 Beschwerdefreiheit

Im Rahmen der klinischen Kontrolle wird mit Hilfe der Inspektion die Umgebung des behandelten Zahnes auf Entzündungszeichen untersucht.

Ist der Zahn auch sonst beschwerde-, schmerzfrei und im Alltag voll funktions-tüchtig und liegen keine pathologischen Sondierungstiefen, Lockerung, Palpations- oder Perkussionsempfindlichkeit vor, so kann die Behandlung des Zahnes klinisch als Erfolg bezeichnet werden.

Auch in 57% der Studien, die Ng. et al. in einem Review verglichen, ergänzte die klinische Befundung die röntgenologische Kontrolle, um festzustellen, ob ein Behandlungserfolg vorlag (Ng et al. 2007). Auch in den Toronto Studien war die klinische Symptombefreiheit ein Kriterium für den Behandlungserfolg (Farzaneh et al. 2004a, Farzaneh et al. 2004b, Wang et al. 2004, de Chevigny et al. 2008, Friedman et al. 2003).

2.6.2 Röntgenologische Kontrolle

Mit Hilfe von Röntgenaufnahmen wurde im Anschluss der Behandlung die Situation der umgebenden knöchernen Strukturen mit dem Ausgangsröntgenbild verglichen. Da die knöcherne Regeneration nicht sofort nach Ende der Behandlung zu bewerten war, wurde diese anhand von Kontrollaufnahmen zu späteren Recall-Terminen vorgenommen.

Kam es im Rahmen der endodontischen Behandlung zu einer Verkleinerung oder gar zu einer vollständigen Ausheilung von Defekten (PAI-Score 1-2) und war der Zahn symptomfrei, so konnte dies als Erfolg angesehen werden.

Dabei richtete sich die Verwendung und Interpretation des PAI Scores nach zahlreichen Studien (Conner et al. 2007, Kirkevang et al. 2006, Marending et al. 2005, Oginni et al. 2009, Ørstavik et al. 2004, Penesis et al. 2008, Peters et al. 2004, Skudutyte-Rysstad & Eriksen 2006, Trope et al. 1999, Valderhaug et al. 1997).

3 Zielsetzung

Der Erfolg einer Perforationsbehandlung kann von verschiedenen Faktoren beeinflusst sein. Hier sind prä-operative, intra-operative und auch post-operative Parameter möglich, welche letztlich den Behandlungserfolg bedingen können. In der Literatur werden verschiedene Faktoren wie etwa Zahntyp, Wurzelzahl, klinische Symptomatik, Größe der Perforation, Persistenz der Perforation, medikamentöse Einlage, Verschlussmaterial, Länge und Homogenität der Wurzelkanalfüllung angegeben (de Chevigny et al. 2008, Farzaneh et al. 2004a, Farzaneh et al. 2004b, Friedman et al. 2003, Hepworth & Friedman 1997, Wang et al. 2004, Mente et al. 2010, Clauder & Shin 2009, Baumann & Beer 2007, Ingle et al. 2008).

Basierend auf der vorhandenen Literatur zu diesem Thema kann angenommen werden, dass bei vorhandenen klinischen Symptomen, zunehmender Perforationsgröße, einer vorhandenen, röntgenologisch erkennbaren Knochenläsion sowie bereits länger bestehenden, unversorgten Perforationen die Prognose schlechter ist (Fuss & Trope 1996, Baumann & Beer 2007, Lantz & Persson 1967, Seltzer et al. 1970, Sinai 1977, Cohen & Hargreaves 2006).

Die Publikationen in internationalen endodontologischen Fachzeitschriften zeigen, dass nur 2 retrospektive Studien (Tsesis et al. 2010, Main et al. 2004) dieses Thema behandelten. Für die Beurteilung des Behandlungserfolgs wurden primär die Schmerzanamnese, der klinische Befund sowie der Vorher-Nachher-Vergleich der Röntgenbilder zum Zeitpunkt der Perforationsdeckung sowie zum Zeitpunkt des Recalls herangezogen.

Die verfügbaren Studien wurden von spezialisierten Endodontologen durchgeführt. Dabei wurde aber nur in einer Studie eine ausreichend große Zahl an Behandlungsfällen untersucht (Tsesis et al. 2010). Insgesamt wurden 2002 Patienten befundet, davon wiesen 101 eine Wurzelperforation auf. Hier kann keine Erfolgsprognose von Perforationsbehandlungen angegeben werden, weil sich die Studie ausschließlich mit der Prävalenz von Perforationen und deren Auswirkung auf das umliegende Gewebe befasste, nicht aber mit deren Therapie.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die retrospektive Untersuchung von Perforationsbehandlungen, welche zwischen 1998 und 2010 in 6 endodontischen Fachpraxen durch Spezialisten für Endodontie behandelt und nachkontrolliert

wurden. Die Untersuchung stellt eine erforderliche Maßnahme zur Qualitätssicherung der Wurzelkanalbehandlung dar, welche in den Richtlinien der DGZMK dargestellt wird.

Dabei sollen anhand von Behandlungsdokumentation und Nachuntersuchung die Daten ermittelt und statistisch berechnet werden und die 10 Nullhypothesen überprüft werden:

Nullhypothese #1: Der Erfolg der Perforationsbehandlung ist nicht vom Alter des Patienten abhängig.

Nullhypothese #2: Der Erfolg der Perforationsbehandlung ist nicht vom Geschlecht des Patienten abhängig.

Nullhypothese #3: Der Erfolg der Perforationsbehandlung ist nicht vom Zahntyp und der Wurzelzahl abhängig.

Nullhypothese #4: Der Erfolg der Perforationsbehandlung hängt nicht von der röntgenologischen Ausgangssituation ab.

Nullhypothese #5: Der Erfolg der Perforationsbehandlung hängt nicht vom Erscheinungsbild der Perforation ab.

Nullhypothese #6: Der Erfolg der Perforationsbehandlung hängt nicht von der Therapie der Perforation ab.

Nullhypothese #7: Der Erfolg der Perforationsbehandlung ist nicht abhängig vom Recall-Befund.

4 Material und Methode

4.1 Das Patientengut

In der vorliegenden Arbeit wurden Perforationen, die in den Jahren 1998 bis 2010 behandelt wurden, aus sechs internationalen endodontisch spezialisierten Fachpraxen ausgewertet. Die Behandler waren ausschließlich erfahrene Zahnärzte, die sich im Rahmen eines mehrjährigen Postgraduierten-Programms spezialisiert haben. Folgende Zahnärzte haben Fälle zur Verfügung gestellt:

- Dr. Oliver Pontius, MSD, Diplomate of the American Board of Endodontics (Bad Homburg)
- Dr. Francesco Maggiore, DDS, Clinical Assistant Professor (University of Pennsylvania, USA)
- Dr. Marga Ree DDS, MSc (VH Purmerend, Niederlande)
- Dr. Raphael Bellamy, BDS, CAGS, Diplomate of the American Board of Endodontics (Dublin, Irland)
- Dr. Sashi Nallapati, BDS, Cert. Endo (Kingston, Jamaica)
- Dr. Terrell F. Pannkuk, DDS, MSD (Santa Barbara, CA, USA)

4.2 Methodisches Vorgehen

Die vorliegenden Fälle wurden anhand folgender Kriterien ausgewertet:

- Kanalanzahl
- Lokalisation der Perforation (krestal, sub- oder suprakrestal)
- Größe der Perforation
- Perforationstyp (lateral, furkal, Strip)
- Perforationsursache (Bohrer, Wurzelstift, Instrument, externe oder interne Resorption, Karies)
- zuvor erfolgte Perforationsdeckung
- Zeit zwischen Auftreten der Perforation und Perforationsverschluss
- Verschlussmaterial

Im Rahmen des Recalls wurden die folgenden Parameter beurteilt:

- Restauration
- koronale Leakage
- Ist der Zahn asymptomatisch und funktionell?
- Verkleinerung der evtl. vorhandenen Läsion
- PDL normal oder pathologisch?
- Palpationsempfindlichkeit (Grad 0-3)
- Perkussionsempfindlichkeit (Grad 0-3)
- Lockerungsgrad (Grad 0-3)
- Vorhandensein eines Fistelgangs
- Sondierungstiefen
- Pulpale und periapikale Diagnose

Grundlage dieser Parameter war die Software *The Digital Office*, die in fast allen teilnehmenden Praxen verwendet wurde. Weiterhin standen Röntgenbilder der Situation vor und nach der Behandlung zur Verfügung sowie Röntgenbilder, die im Rahmen des Endo-Recalls angefertigt wurden. Die Röntgenbilder (präoperativ, postoperativ, letzter Recall) wurden nach folgenden Kriterien ausgewertet:

1. **Röntgenologischer koronaler Status** (RCS-Score) (Hommez et al., 2002)

Grad 1: Intakte Restauration ohne Zeichen der Leakage

Grad 2: Restauration zeigt offenen Spalt

Grad 3: Restauration weist eine Sekundärkaries auf

2. **Länge der Wurzelkanalfüllung** (LRF-Score) (Hommez et al., 2002)

Grad 1: Wurzelkanalfüllung endet 0-2 mm vor dem röntgenologischem Apex

Grad 2: Wurzelkanalfüllung endet > 2 mm vor dem röntgenologischem Apex

Grad 3: Wurzelkanalfüllung reicht über den röntgenologischen Apex hinaus

3. Homogenität der Wurzelkanalfüllung (HRF-Score) (Hommez et al., 2002)

Grad 1: Homogene Wurzelkanalfüllung, gute Kondensation, keine Blasen sichtbar

Grad 2: Inhomogene Wurzelkanalfüllung, schlechte Kondensation, sichtbare Blasen vorhanden

4. Qualität der Wurzelkanalfüllung (RF-Score) (Molander et al., 2007)

Tab. 2: Kriterien und Beurteilung von Wurzelkanalfüllungen (RF-Scores)

	RF-Score				
Kriterium	1	2	3	4	5
Länge 0-2 mm vor Apex	+	+	-	+	-
Verschluss (Seal)	+	+	+	-	-
Konizität (Taper)	+	maximal ein Kriterium fehlt		nicht beurteilbar	
Kongruenz	+				

5. Periapikal-Index (PAI-Score) (Ørstavik et al., 1986)

Grad 1: Keine Veränderungen in der periapikalen Region sichtbar

Grad 2: Strukturänderungen im periapikalen Bereich sichtbar

Grad 3: Periapikale Strukturveränderungen mit Mineralverlust

Grad 4: Radioluzenz im periapikalen Bereich

Grad 5: Radioluzenz mit Zeichen der Exazerbation

6. Root Perforation Index (RPI) (Roggendorf & Pontius 2011)

Grad 1: Keine periradikulären Veränderungen im Bereich der Perforation sichtbar

Grad 2: Periradikuläre Strukturänderungen im Bereich der Perforation sichtbar

Grad 3: Periradikuläre Strukturveränderungen mit Mineralverlust

Grad 4: Periradikuläre Radioluzenz im Bereich der Perforation

Grad 5: Radioluzenz mit Zeichen der Exazerbation

Der RPI wurde von uns im Rahmen dieser Studie erstellt, weil bis dato keine einheitliche Klassifikation für dieses Kriterium verfügbar war und für diese Arbeit wichtig war, die Röntgenbilder anhand eventuell vorhandener Knochenläsionen im Bereich der Perforation vor und nach der Behandlung auszuwerten.

Im Zeitraum von Januar 1998 bis März 2010 wurden in den sechs oben genannten Fachzahnarztpraxen insgesamt 69 Patienten beziehungsweise 70 Zähne zur Deckung einer oder mehrerer Perforationen (insgesamt 74) endodontisch oder endodontisch-mikrochirurgisch behandelt.

Für eine erfolgsorientierte Nachuntersuchung lagen anschließend röntgenologische Recallaufnahmen und klinische Befunde von 49 Patienten mit 50 behandelten Zähnen vor. Es ergab sich eine Recallgruppe (RC) die 71,02 % des Ausgangspatientenpools ausmachte. Die Kontrollröntgenbilder und klinischen Nachuntersuchungen wurden entweder vom Inhaber der Spezialpraxis selbst oder von den weiterbehandelnden Hauszahnärzten angefertigt und durchgeführt.

5 Ergebnisse

5.1 Allgemeine Merkmale des Kollektivs

5.1.1 Alter der Patienten des Gesamtkollektivs und der Recallgruppe

Mehr als die Hälfte der Patienten waren zum Zeitpunkt des Behandlungsendes bis 45 Jahre alt (Tab. 3.1). In der Recall-Gruppe (RC-Gruppe) war etwas über die Hälfte der Patienten über 45 Jahre alt (3.2 und Abb. 1).

Tab. 3.1: Verteilung der Altersstruktur aller Patienten

Alter	Anzahl	Prozentsatz
≤ 45 Jahre	38	54,29 %
> 45 Jahre	32	45,71 %
Summe	*70	100 %

(*=Da eine Patientin 2 Perfortionsbehandlungen in einem Abstand von 9 Jahren erhielt (mit 42 resp. 51 Jahren), musste dieselbe Patientin als in beiden Altersgruppen geführt werden).

Tab. 3.2: Verteilung der Altersstruktur der Patienten innerhalb der RC-Gruppe

Alter	Anzahl	Prozentsatz
≤ 45 Jahre	24	48 %
> 45 Jahre	26	52 %
Summe	*50	100 %

(*=Da eine Patientin 2 Perfortionsbehandlungen in einem Abstand von 9 Jahren erhielt (mit 42 resp. 51 Jahren), musste dieselbe Patientin als in beiden Altersgruppen geführt werden).

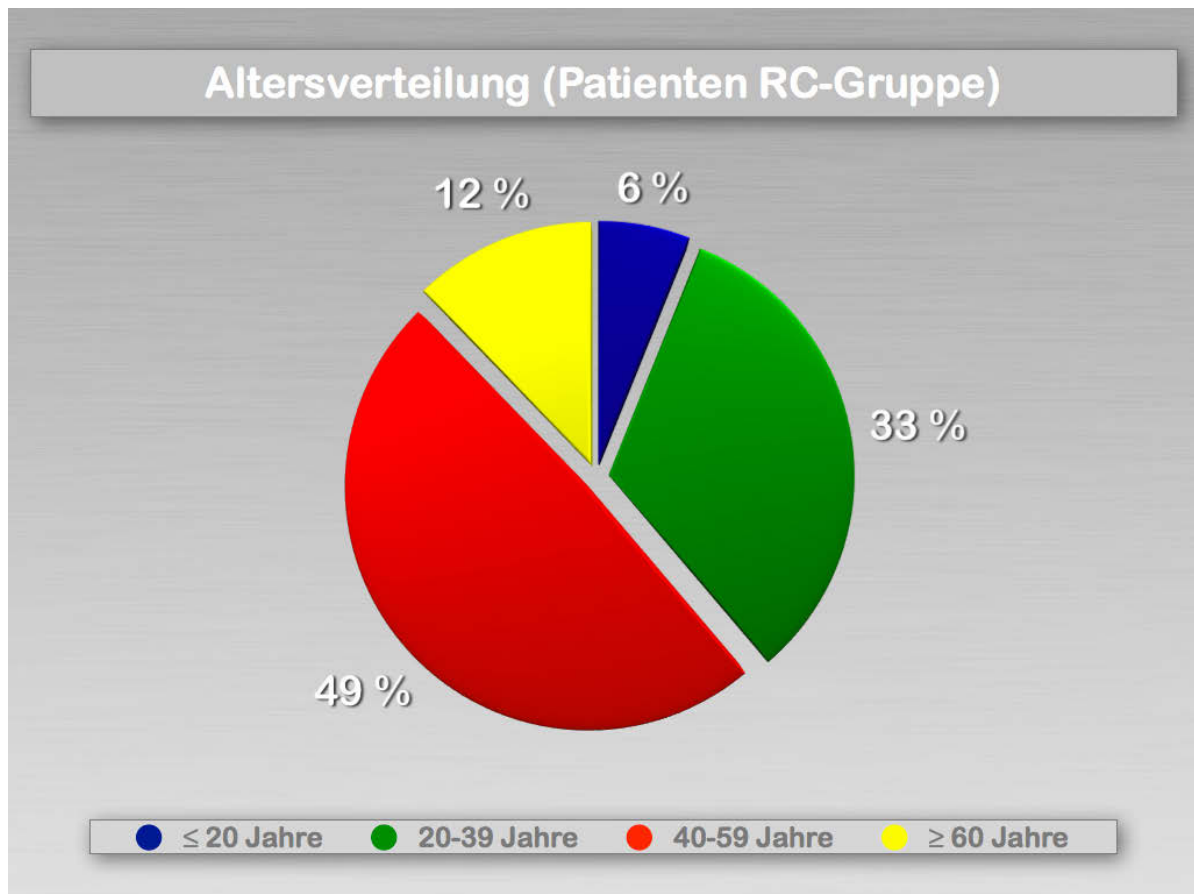


Abb. 1: Verteilung der Altersstruktur der Patienten in Altersstufen in der RC-Gruppe

5.1.2 Geschlechterverteilung

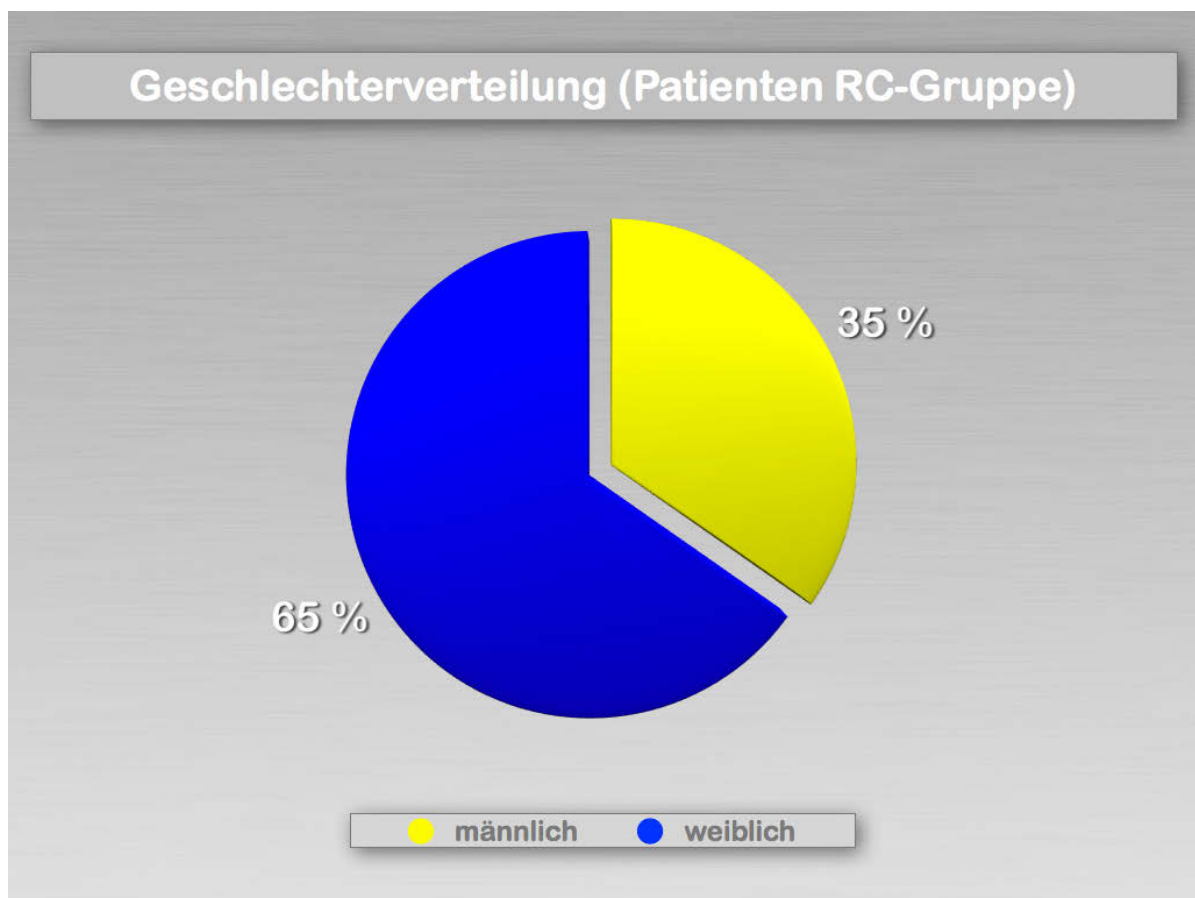
Im Gesamtkollektiv überwog das weibliche Geschlecht deutlich. Es waren insgesamt n=21 Männer und n=48 Frauen im Gesamtkollektiv (Tab. 4.1). Innerhalb der RC-Gruppe war die Verteilung ähnlich (Tab. 4.2 und Abb. 2).

Tab. 4.1: Geschlechterverteilung der Patienten des Gesamtkollektivs

Geschlecht	Anzahl	Prozentsatz
männlich	21	30,43 %
weiblich	48	69,57 %
Summe	69	100 %

Tab. 4.2: Geschlechterverteilung der Patienten innerhalb der RC-Gruppe

Geschlecht	Anzahl	Prozentsatz
männlich	17	34,69 %
weiblich	32	65,31 %
Summe	49	100 %

**Abb. 2:** Geschlechterverteilung der Patienten innerhalb der RC-Gruppe

5.1.3 Zahntyp und Wurzelzahl

Bei den 69 Patienten wurden insgesamt 70 Zähne therapiert. Das entsprach einer durchschnittlichen Verteilung von 1,01 Zähnen / Patient. Es wurden etwas mehr perforierte Zähne im Oberkiefer als im Unterkiefer behandelt (Tab. 5.1), in der Recallgruppe überwogen die Zähne des Unterkiefers (Tab. 5.2). Molaren stellten die größte Fraktion der behandelten Zähne dar (Tab. 6.1 und 6.2).

Tab. 5.1: Verteilung der behandelten Zähne aller Patienten

Kiefer	Anzahl	Prozentsatz
OK	37	52,86 %
UK	33	47,14 %
Summe	70	100 %

Tab. 5.2: Verteilung der behandelten Zähne der RC-Gruppe

Kiefer	Anzahl	Prozentsatz
OK	24	48 %
UK	26	52 %
Summe	50	100 %

Tab. 6.1: Verteilung der behandelten Zahngruppen im Gesamtkollektiv

Zahn	Anzahl	Prozentsatz
OK-Frontzähne	9	12,85 %
OK-Eckzähne	2	2,86 %
OK-Prämolaren	3	4,29 %
OK-Molaren	23	32,85 %
UK-Frontzähne	3	4,29 %
UK-Eckzähne	1	1,43 %
UK-Prämolaren	5	7,14 %
UK-Molaren	24	34,29 %
Summe	70	100 %

Die kleinste Gruppe innerhalb der behandelten Zähne des Gesamtkollektivs bildeten die Unterkiefereckzähne, wobei die größte Fraktion von Unterkiefermolaren, knapp gefolgt von Oberkiefermolaren gebildet wurde. Auffällig war der Unterschied innerhalb der Gruppe der Frontzähne im Oberkiefer im Vergleich zum Unterkiefer (mehr als doppelt so viele behandelte OK- wie UK-Frontzähne).

Tab. 6.2: Verteilung der therapierten Zahngruppen innerhalb der RC-Gruppe

Zahn	Anzahl	Prozentsatz
OK-Frontzähne	5	10 %
OK-Eckzähne	3	6 %
OK-Prämolaren	3	6 %
OK-Molaren	13	26 %
UK-Frontzähne	3	6 %
UK-Eckzähne	0	0 %
UK-Prämolaren	4	8 %
UK-Molaren	19	38 %
Summe	50	100 %

Die Verteilung der behandelten Zähne der Recallgruppe verhielt sich wie im Gesamtkollektiv. Die Tabellen 7.1 und 7.2 zeigen das Verhältnis von ein- oder mehrwurzeligen Zähnen. Mehr als die Hälfte der Zähne im Gesamtkollektiv und in der Recallgruppe waren mehrwurzelig.

Tab. 7.1: Verteilung ein- und mehrwurzeliger Zähnen im Gesamtkollektiv

Zahl der Wurzeln	Anzahl	Prozentsatz
1	21	30 %
≥ 2	49	70 %
Summe	70	100 %

Tab. 7.2: Verteilung ein- und mehrwurzeliger Zähne innerhalb der RC-Gruppe

Zahl der Wurzeln	Anzahl	Prozentsatz
1	16	32 %
≥ 2	34	68 %
Summe	50	100 %

5.1.4 Die radiologische Ausgangssituation

Bei der radiologischen Ausgangssituation wurden die Röntgenbilder nach verschiedenen Kriterien ausgewertet.

A) Röntgenologischer koronaler Status (RCS-Score)

Grad 1: Intakte Restauration ohne Zeichen der Leakage

Grad 2: Restauration zeigt offenen Spalt

Grad 3: Restauration weist eine Sekundärkaries auf

Die Tabellen 8.1 und 8.2 zeigen die präoperative röntgenologisch beurteilbare Qualität der Restaurationen der behandelten Zähne. Dabei waren die meisten Restaurationen – soweit auf Röntgenbildern beurteilbar – intakt.

Tab. 8.1: Verteilung der prä-operativen RCS-Grade innerhalb des Gesamtkollektivs

RCS-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	47	67,14 %
Grad 2	10	14,29 %
Grad 3	2	2,86 %
keine Restauration	11	15,71 %
Summe	70	100 %

Tab. 8.2: Verteilung der prä-operativen RCS-Grade innerhalb der RC-Gruppe

RCS-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	34	68 %
Grad 2	7	14 %
Grad 3	2	4 %
keine Restauration	7	14 %
Summe	50	100 %

B) Länge der Wurzelkanalfüllung (LRF-Score)

Grad 1: Wurzelkanalfüllung endet 0-2 mm vor dem röntgenologischem Apex

Grad 2: Wurzelkanalfüllung endet > 2 mm vor dem röntgenologischem Apex

Grad 3: Wurzelkanalfüllung reicht über den röntgenologischen Apex hinaus

Ein Großteil der schon wurzelgefüllten Zähne war bis zum röntgenologischen Apex gefüllt (LRF-Grad 1; Tabellen 9.1 und 9.2). Etwas weniger bereits obturierte Wurzelkanäle entsprachen dem LRF-Grad 2 (Wurzelkanalfüllung > 2 mm vor dem röntgenologischem Apex). Knapp die Hälfte der behandelten Zähne jedoch waren zuvor noch nicht wurzelkanalgefüllt.

Tab. 9.1: Verteilung der prä-operativen LRF-Grade innerhalb des Gesamtkollektivs

LRF-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	19	27,14 %
Grad 2	16	22,86 %
Grad 3	3	4,29 %
keine WF	32	45,71 %
Summe	70	100 %

Tab. 9.2: Verteilung der prä-operativen LRF-Grade innerhalb der RC-Gruppe

LRF-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	13	26 %
Grad 2	12	24 %
Grad 3	3	6 %
keine WF	22	44 %
Summe	50	100 %

C) Homogenität der Wurzelkanalfüllung (HRF-Score)

Grad 1: Homogene Wurzelkanalfüllung, gute Kompaktion, keine Blasen sichtbar

Grad 2: Inhomogene Wurzelkanalfüllung, schlechte Kompaktion, sichtbare Blasen vorhanden

Die meisten wurzelkanalgefüllten Zähne wiesen eine gute Kompaktion der Wurzelkanalfüllung auf (Tab. 10.1 und 10.2).

Tab. 10.1: Verteilung der prä-operativen HRF-Grade im Gesamtkollektiv

HRF-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	31	44,29 %
Grad 2	7	10 %
keine WF	32	45,71 %
Summe	70	100 %

Tab. 10.2: Verteilung der prä-operativen HRF-Grade innerhalb der RC-Gruppe

HRF-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	22	44 %
Grad 2	6	12 %
keine WF	22	44 %
Summe	50	100 %

D) Qualität der Wurzelkanalfüllung (RF-Score)

Anhand der Kriterien nach Molander et al. (2007) wurde die Qualität der Wurzelkanalfüllungen röntgenologisch beurteilt (Tab. 11). Zudem wurde ein Großteil der wurzelkanalgefüllten Zähne mit RF-Score 5 beurteilt (Tab. 12.1 und 12.2). 10 % aller Zähne des Gesamtkollektivs erhielten den RF-Score 2, in der Recallgruppe waren es nur 8 %. Nur 2,86 % der bereits endodontisch behandelten Zähne des Gesamtkollektivs schnitten im RF-Score mit 1 optimal ab, in der Recallgruppe waren es 4 %.

Tab. 11: WF-Qualitätsgrade (RF-Scores) der Wurzelkanalfüllungen

	RF-Score				
Kriterium	1	2	3	4	5
Länge 0, 1-2 mm vor Apex	+	+	-	+	-
Verschluss (Seal)	+	+	+	-	-
Konizität (Taper)	+	maximal ein Kriterium fehlt		nicht beurteilbar	
Kongruenz	+				

Tab. 12.1: Die WF-Qualität (RF-Score) vor der Behandlung im Gesamtkollektiv

RF-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	2	2,86 %
Grad 2	7	10 %
Grad 3	6	8,57 %
Grad 4	6	8,57 %
Grad 5	17	24,29 %
keine WF	32	45,71 %
Summe	70	100 %

Tab. 12.2: Die WF-Qualität (RF-Score) vor der Behandlung der RC-Gruppe

RF-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	2	4 %
Grad 2	4	8 %
Grad 3	2	4 %
Grad 4	7	14 %
Grad 5	12	24 %
keine WF	23	46 %
Summe	50	100 %

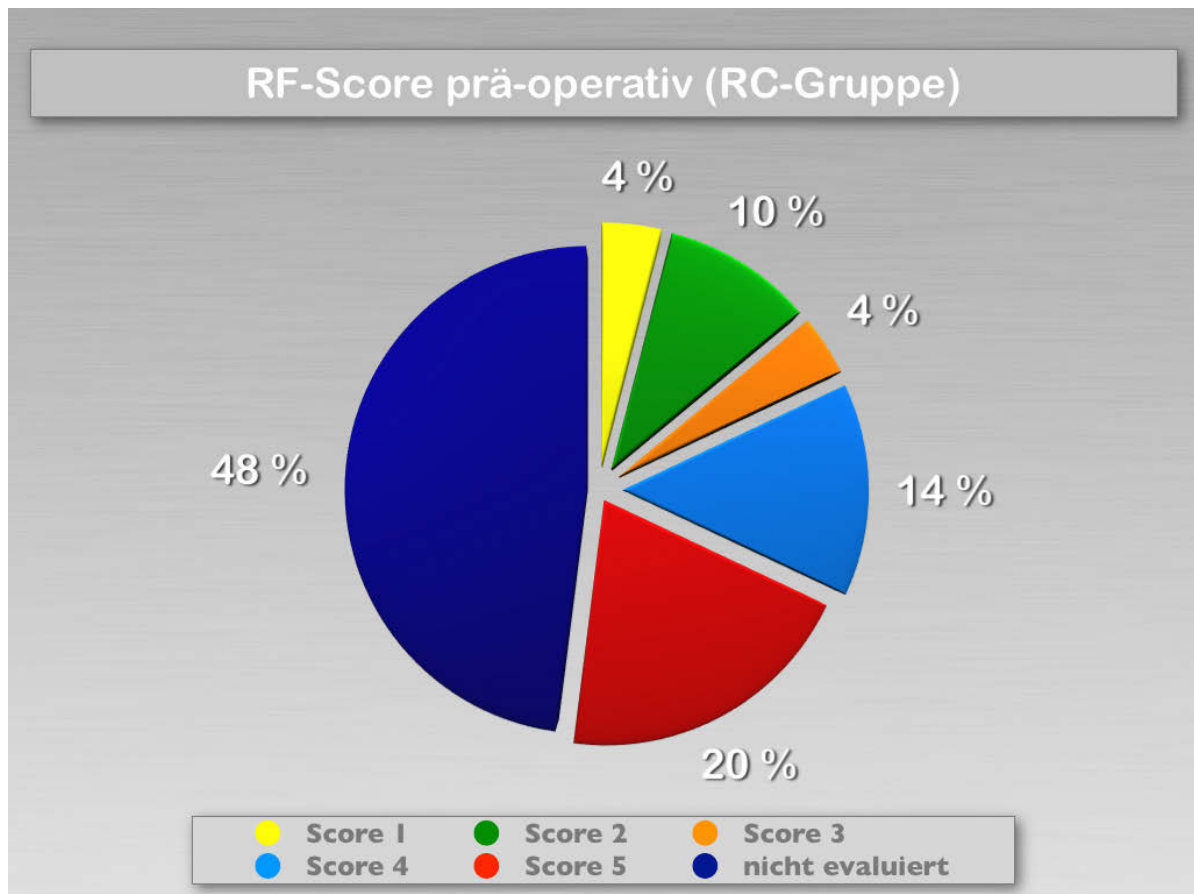


Abb. 3: Verteilung der prä-operativen RF-Grade in der RC-Gruppe

E) Periapikaler Zustand (PAI-Score)

Grad 1: Keine Veränderungen in der periapikalen Region sichtbar

Grad 2: Strukturänderungen im periapikalen Bereich sichtbar

Grad 3: Periapikale Strukturveränderungen mit Mineralverlust

Grad 4: Radioluzenz im periapikalen Bereich

Grad 5: Radioluzenz mit Zeichen der Exazerbation

88 % der Zähne wiesen vor der Behandlung Veränderungen im periapikalen Bereich auf (Tab. 13).

Tab. 13: Der periapikale Zustand (PAI-Score) vor der Behandlung

PAI-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	6	12 %
Grad 2	16	32 %
Grad 3	15	30 %
Grad 4	9	18 %
Grad 5	4	8 %
Summe	50	100 %

F) Wurzelperforationsindex (Root Perforation Index, RPI)

- Grad 1:* Keine periapikalen Veränderungen im Bereich der Perforation sichtbar
Grad 2: Periradikuläre Strukturänderungen im Bereich der Perforation sichtbar
Grad 3: Periradikuläre Strukturveränderungen mit Mineralverlust
Grad 4: Periradikuläre Radioluzenz im Bereich der Perforation
Grad 5: Radioluzenz mit Zeichen der Exazerbation

Bei der überwiegenden Zahl der perforierten Zähne war röntgenologisch im Perforationsbereich ein pathologisch veränderter Parodontalspalt zu erkennen (Tab. 14). Bei 5 Zähnen war der Perforationsbereich im Röntgenbild nicht beurteilbar, ein Zahn wies zum Zeitpunkt der Aufnahme noch keine Perforation auf.

Tab. 14: Der Root Perforation Index (RPI) vor der Behandlung der RC-Gruppe

RPI-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	1	2 %
Grad 2	8	16 %
Grad 3	19	38 %
Grad 4	10	20 %
Grad 5	6	12 %
nicht beurteilbar / keine Perforation	6	12 %
Gesamt	*50	100 %

(* = bei mehreren Perforationen am gleichen Zahn wurde jeweils der höchste RPI-Score gewertet, so dass pro Zahn nur ein Wert vergeben werden konnte).

5.1.5 Erscheinungsbild der Perforation

A) Lokalisation der Perforation

Tabelle 15 zeigt, in welchen Bereichen der Wurzelkanäle in der Recallgruppe Perforationen aufgetreten sind. Bei 14 Perforationen (25,9 %) war der einzige vorhandene Wurzelkanal des betroffenen Zahnes (S=Single) beteiligt, bei 12 Perforationen war die Perforation nicht in einem Kanal lokalisiert. In 20,4 % war der mesiobukkaler Wurzelkanal betroffen (n=11). In keinem Fall beteiligt waren zweiter oder dritter mesiobukkaler, distolingualer und mesiopalatinaler Kanal.

Tab. 15: Verteilung der perforierten Wurzelkanäle innerhalb der RC-Gruppe

Wurzelkanal	Anzahl	Prozentsatz
oral	4	7,4 %
distobukkal	4	7,4 %
mesial	3	5,6 %
mesiobukkal	11	20,4 %
mesiolingual	3	5,6 %
distal	2	3,7 %
distolingual	0	0 %
mesiopalatinal	0	0 %
bukkal	1	1,9 %
single	14	25,9 %
kein Kanal beteiligt	12	22,2 %
Summe	*54	100 %

(*=Gesamtzahl der Perforationen ist höher als die Gesamtzahl der nachuntersuchten Zähne, weil teilweise mehrere Perforationen pro Zahn vorlagen)

B) Perforationsniveau

Ein Großteil der behandelten Perforationen war subkrestal eingetreten, also unterhalb des Alveolarknochenlevels (Tab. 16.1 und 16.2). Im Gesamtkollektiv war die Zahl der subkrestal gelegenen Perforationen im Gesamtkollektiv anteilig geringer (55,41 %), wohingegen der Prozentsatz in der RC-Gruppe anstieg (66,11 %).

Tab. 16.1: Niveau der Perforationen des Gesamtkollektivs

Lokalisation	Anzahl	Prozentsatz
subkrestal	41	55,41 %
krestal	31	41,89 %
suprakrestal	2	2,70 %
Summe	*74	100 %

(*=Gesamtzahl der Perforationen ist höher als die Gesamtzahl der behandelten Zähne, weil teilweise mehrere Perforationen pro Zahn vorlagen)

Tab. 16.2: Niveau der Perforationen innerhalb der RC-Gruppe

Lokalisation	Anzahl	Prozentsatz
subkrestal	33	61,11 %
krestal	20	37,04 %
suprakrestal	1	1,85 %
Summe	*54	100 %

(*=Gesamtzahl der Perforationen ist höher als die Gesamtzahl der nachuntersuchten Zähne, weil teilweise mehrere Perforationen pro Zahn vorlagen)

C) Größe der Perforationen

Die Perforationen wurden von dem jeweiligen Behandler als groß, mittel oder klein klassifiziert. Die Perforationen im Gesamtkollektiv ebenso wie in der Recallgruppe waren vorwiegend groß oder mittelgroß (Tab. 17.1 und 17.2). Nur wenige Perforationen wurden als „klein“ klassifiziert.

Tab. 17.1: Verteilung der Anteile der Perforationsgrößen im Gesamtkollektiv

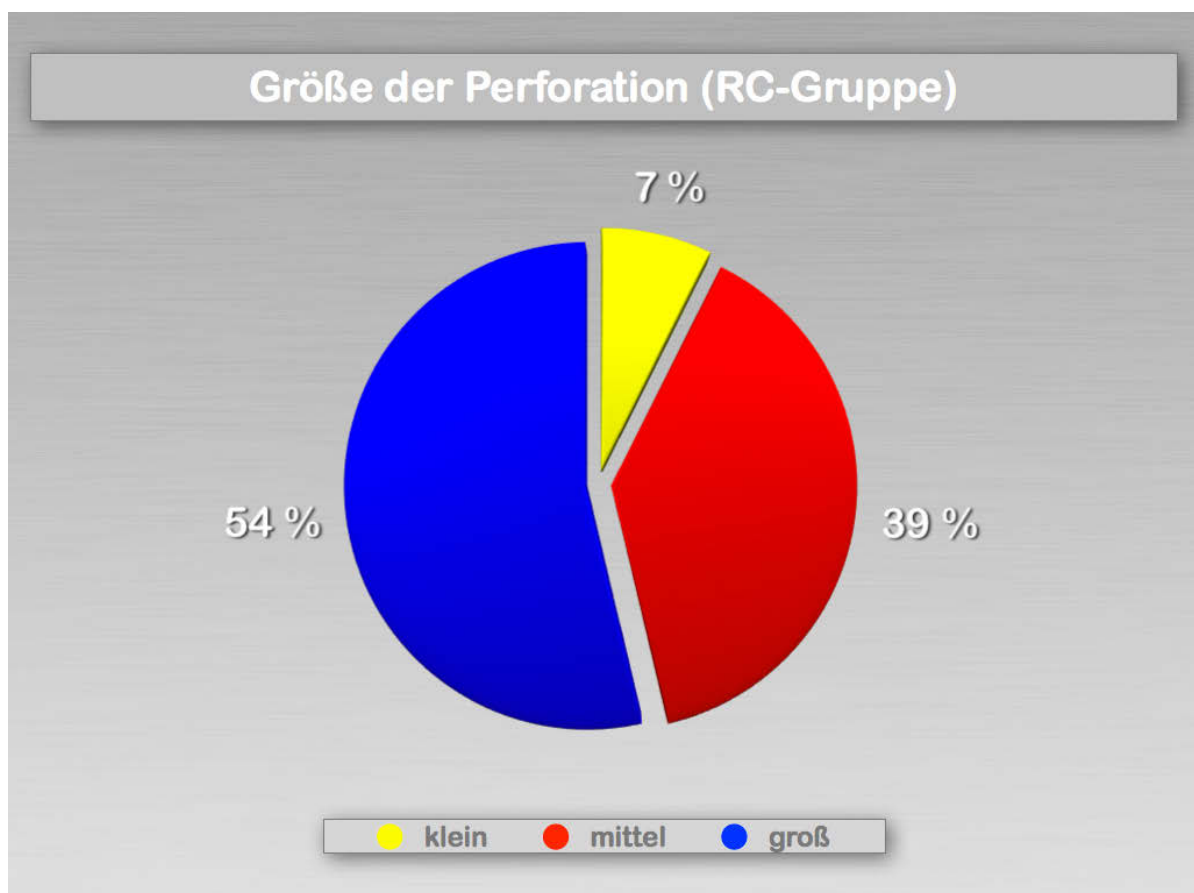
Größe	Anzahl	Prozentsatz
groß	38	51,35 %
mittel	31	41,89 %
klein	5	6,76 %
Summe	*74	100 %

(*=Gesamtzahl der Perforationen ist höher als die Gesamtzahl der behandelten Zähne, weil teilweise mehrere Perforationen pro Zahn vorlagen)

Tab. 17.2: Perforationsgröße der Recallgruppe

Größe	Anzahl	Prozentsatz
groß	29	53,7 %
mittel	21	38,89 %
klein	4	7,41 %
Summe	*54	100 %

(*=Gesamtzahl der Perforationen ist höher als die Gesamtzahl der nachuntersuchten Zähne, weil teilweise mehrere Perforationen pro Zahn vorlagen)

**Abb. 4:** Verteilung der verschiedenen Perforationsgrößen in der RC-Gruppe

D) Perforationstyp

Die Perforationen wurden je nach Lokalisation eingeteilt in Perforationen im Furkationsbereich am Pulpenkammerboden, Perforationen lateral entlang einer Wurzel oder lange Stripperforationen der Wurzel zur Furkation hin durch Wurzelkanalüberinstrumentierung (Tab. 18.1 und 18.2). Am häufigsten kamen im Gesamtkollektiv Perforationen lateral einer Wurzel vor (56,76 %), gefolgt von furkalen Perforationen (33,78 %). Strip-Perforationen waren mit 9,46 % (n=7) am wenigsten vertreten (Abbildung 5).

Innerhalb der Recallgruppe verhielt sich die Verteilung ähnlich, auch hier überwogen die Perforationen im Bereich der Wurzel (55,56 %), gefolgt von Perforationen im Furkationsbereich (33,33 %) (Tab. 18.2).

Tab. 18.1: Perforationstyp im Gesamtkollektiv

Typ	Anzahl	Prozentsatz
furkal	25	33,78 %
lateral Wurzel	42	56,76 %
Strip	7	9,46 %
Summe	*74	100 %

(*Die Gesamtzahl der Perforationen war höher als die Gesamtzahl der behandelten Zähne, weil teilweise mehrere Perforationen pro Zahn vorlagen)

Tab. 18.2: Perforationstyp in der RC-Gruppe

Typ	Anzahl	Prozentsatz
furkal	18	33,33 %
lateral Wurzel	30	55,56 %
Strip	6	11,11 %
Summe	*54	100 %

(*Die Gesamtzahl der Perforationen war höher als die Gesamtzahl der nachuntersuchten Zähne, weil teilweise mehrere Perforationen pro Zahn vorlagen)

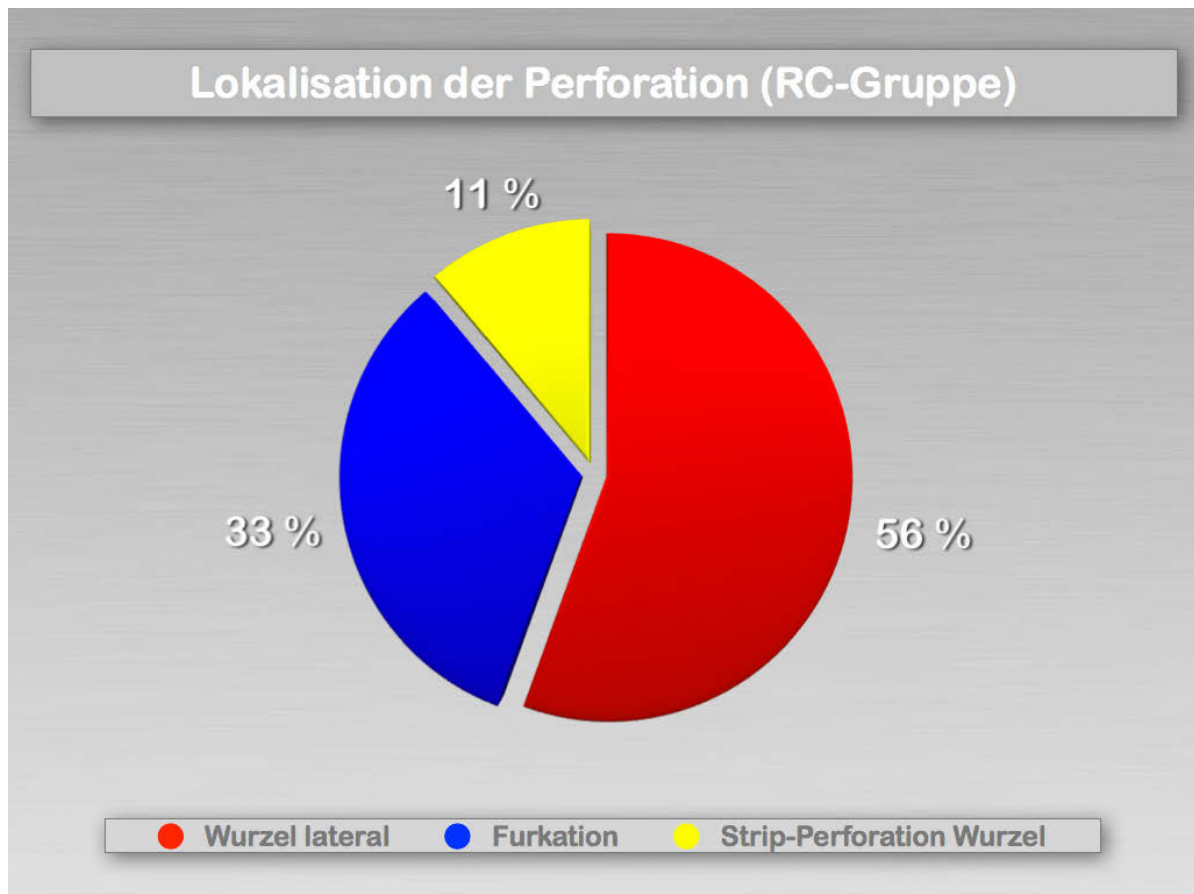


Abb. 5: Verteilung der Lokalisation von Perforationen innerhalb der RC-Gruppe

E) Ursachen der Perforationen

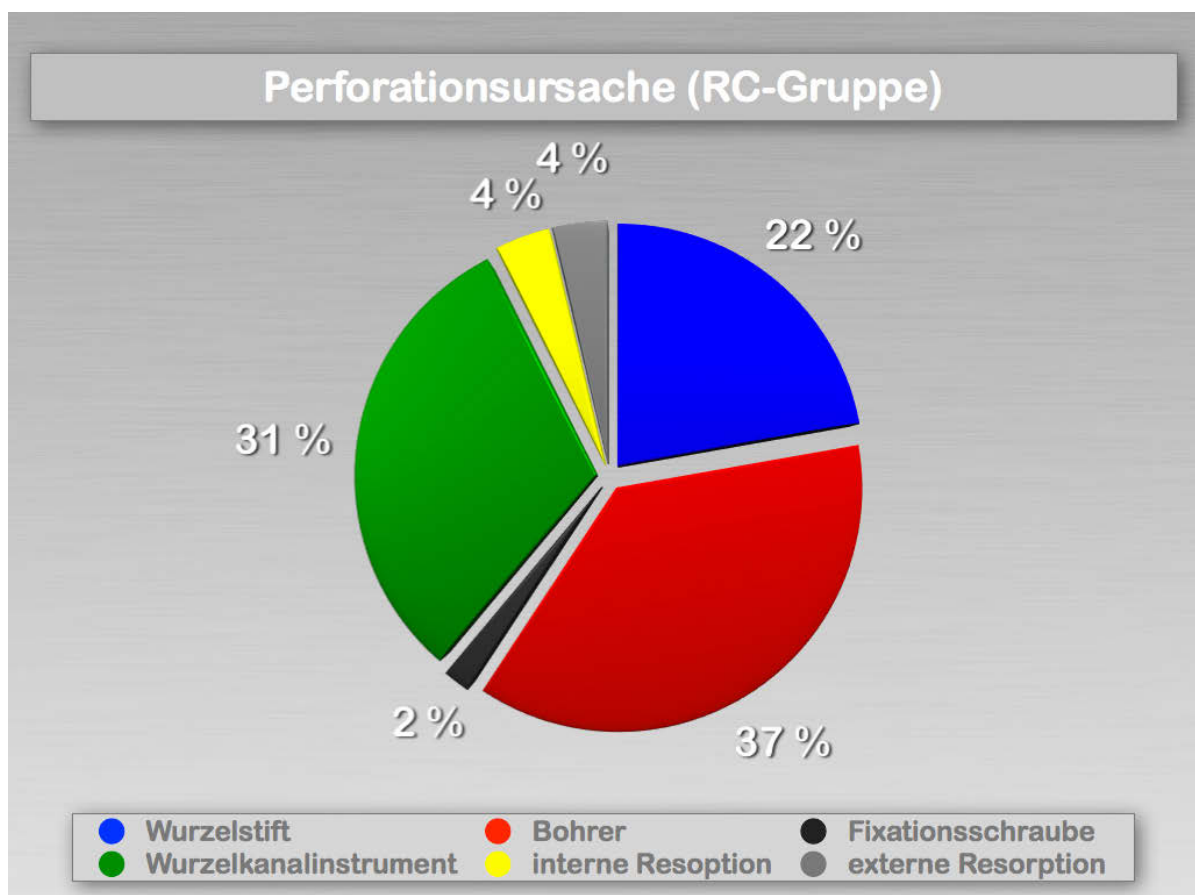
Die Ursachen der behandelten Perforationen innerhalb des Gesamtkollektivs sind in Tab. 19 dargestellt. Vorwiegend wurden sie durch einen Bohrer bei Trepanation oder Kanaleingangssuche, durch ein Wurzelkanalinstrument oder durch einen Wurzelstift verursacht. Weitere Perforationsursachen waren externe und interne Resorptionen sowie der Einsatz einer Osteosynthese-Fixationsschraube. In keinem der ausgewerteten Fälle war eine Karies als Ursache der Perforation verantwortlich.

Auch innerhalb der Recallgruppe war die Verteilung ähnlich (Abb. 6). Hier überwogen ebenfalls durch einen Bohrer verursachte Perforationen, gefolgt von Perforationen durch Wurzelkanalaufbereitungsinstrumente und durch Wurzelstifte. Die Zahlen für Resorptionen und Fixationsschrauben waren dieselben.

Tab. 19: Verteilung der Perforationsursachen im Gesamtkollektiv

Perforationsursache	Anzahl	Prozentsatz
Wurzelstift	14	18,9 %
Bohrer	30	40,5 %
Instrument	25	33,8 %
externe Resorption	2	2,7 %
interne Resorption	2	2,7 %
Karies	0	0 %
Fixationsschraube	1	1,4 %
Summe	*74	100 %

(*Die Gesamtzahl der Perforationen war höher als die Gesamtzahl der behandelten Zähne, weil teilweise mehrere Perforationen pro Zahn vorlagen und aus verschiedenen Gründen erfolgten).

**Abb. 6:** Verteilung der Perforationsursachen innerhalb der RC-Gruppe (n=54)

F) Vorherige Behandlung

In den meisten Fällen hatte kein vorheriger Repair stattgefunden (Tab. 20.1 und 20.2) (Gesamtkollektiv: 94,59 %; RC-Gruppe: 98 %).

Tab. 20.1: Anteil eines vorherigen Repairs innerhalb Gesamtkollektiv

Vorheriger Repair	Anzahl	Prozentsatz
ja	4	5,41 %
nein	66	94,59 %
Summe	*70	100 %

(* = Da bei mehreren vorhandenen Perforationen am gleichen Zahn diese gemeinsam in derselben Sitzung entweder unbehandelt blieben oder versorgt worden sind, wurden diese zu je einem Behandlungsfall zusammengefasst).

Tab. 20.2: Anteil eines vorherigen Repairs innerhalb der RC-Gruppe

Vorheriger Repair	Anzahl	Prozentsatz
ja	1	2 %
nein	49	98 %
Summe	*50	100 %

(* = Da bei mehreren vorhandenen Perforationen am gleichen Zahn diese gemeinsam in derselben Sitzung entweder unbehandelt blieben oder versorgt worden sind, wurden diese zu je einem Behandlungsfall zusammengefasst).

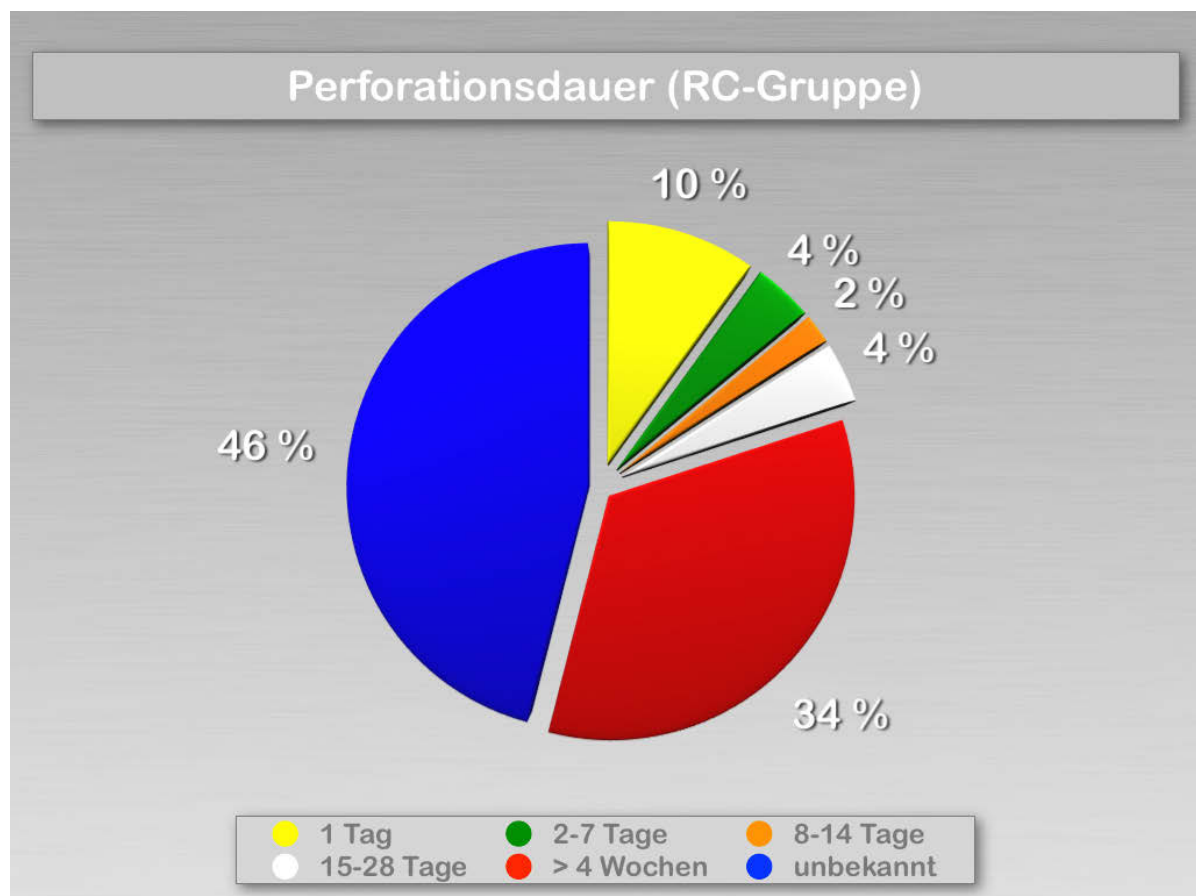
G) Vergangene Zeit seit der Perforation

Die vergangene Zeit vom Eintritt der Perforation bis zu deren Versorgung ist in Tab. 21 und Abb. 7 dargestellt. Bei knapp der Hälfte aller Perforationen (45,95 %) des Gesamtkollektivs und der Recall-Gruppe war der Perforationszeitpunkt allerdings unbekannt. Ein Drittel der Perforationen des Gesamtkollektivs und der RC-Gruppe bestanden allerdings über einen Zeitraum von mehr als einem Monat.

Tab. 21: Verteilung der Zeit bis zur Perforationsdeckung im Gesamtkollektiv

Zeitpunkt der Perforationsdeckung	Anzahl	Prozentsatz
unmittelbar	4	5,71 %
≤ 1 Tag	1	1,43 %
≤ 1 Woche	3	4,29 %
≤ 2 Wochen	2	2,86 %
≤ 3 Wochen	5	7,14 %
> 1 Monat	25	35,71 %
unbekannt	30	42,86 %
Summe	*70	100 %

(*Da bei mehreren vorhandenen Perforationen am gleichen Zahn diese gemeinsam entstanden sind und in derselben Sitzung entweder unbehandelt blieben oder versorgt wurden, sind diese zu je einem Behandlungsfall zusammengefasst worden).

**Abb. 7:** Verteilung der Persistenz von Perforationen bis zur Durchführung der Perforationsdeckung innerhalb der RC-Gruppe (n=50)

H) Fistelung

In Tab. 22 sowie Abb. 8 ist das Vorhandensein eines Fistelgangs bei Therapiebeginn innerhalb des Gesamtkollektivs respektive der Recall-Gruppe dargestellt. In beiden Kollektiven war die Präsenz einer Fistel gering.

Tab. 22: Anteil von Fistelungen innerhalb des Gesamtkollektivs

Fistel	Anzahl	Prozentsatz
ja	6	8,57 %
nein	64	91,43 %
Summe	*70	100 %

(*=Da bei mehreren vorhandenen Perforationen am gleichen Zahn die ursächlich verantwortliche Perforation nicht sicher zu ermitteln war, wurden diese Fälle zu einem Behandlungsfall zusammengefasst).

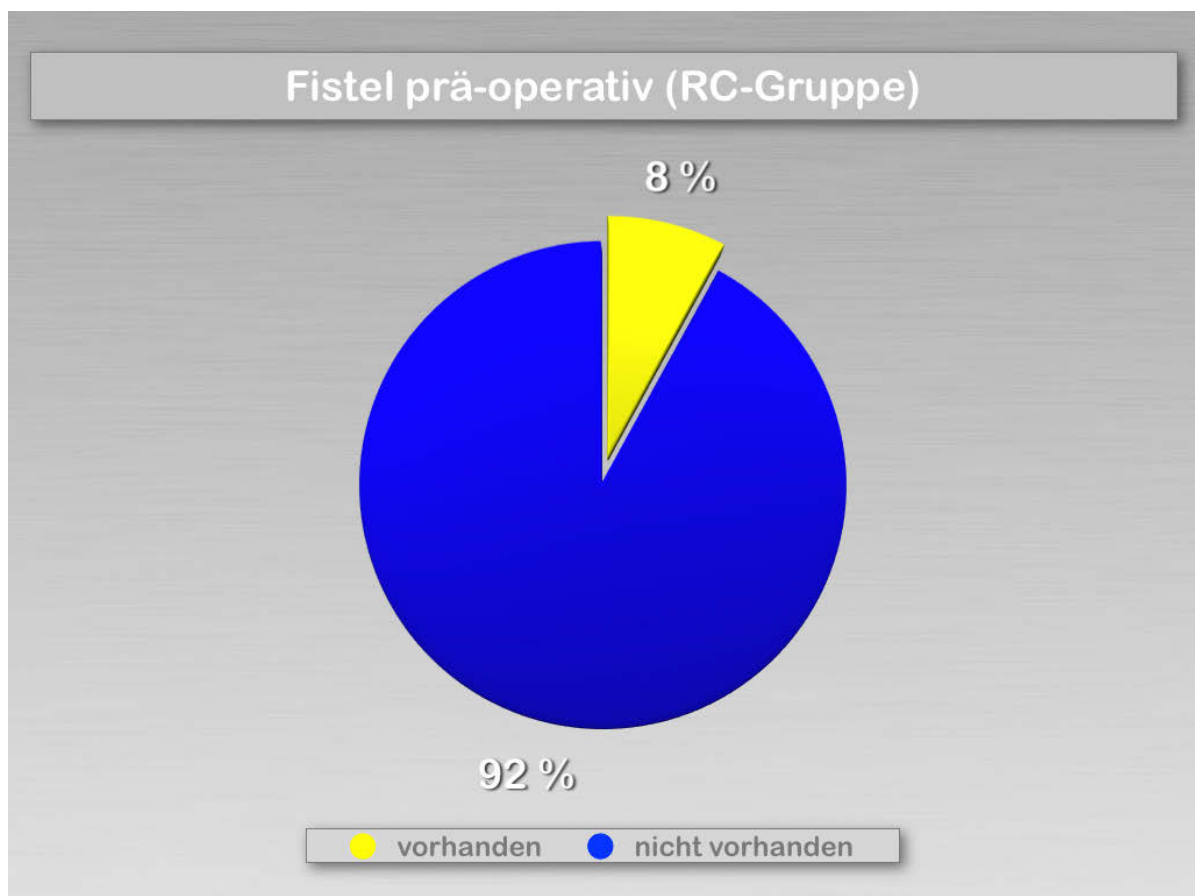


Abb. 8: Anteil der prä-operativ vorhandenen Fistelungen in der RC-Gruppe (n=50)

5.2 Therapie der Perforation

A) Medikamentöse Einlage

Alle Fälle wurden ausschließlich von Fachzahnärzten für Endodontie unter Verwendung des Operationsmikroskopes behandelt. Alle Behandlungen wurden in mehreren Sitzungen unter Verwendung einer medikamentösen Einlage durchgeführt. Wurde MTA als Verschlussmaterial verwendet, musste die Behandlung aufgrund der langen Aushärtungszeit grundsätzlich in zwei Sitzungen unterteilt werden. In der zweiten Sitzung fand eine Kontrolle auf korrekte Aushärtung des Perforationsverschlusses statt. Ältere Perforationen wurden vor dem definitiven Verschluss provisorisch mit Calciumhydroxid gefüllt, um eine relative Asepsis zu erzielen (Fuss & Trope 1996). Als medikamentöse Einlage wurde vorwiegend Calciumhydroxid verwendet, bei einigen besonders symptomatischen Zähnen wurde *Ledermix* (Riemser Arzneimittel AG, Österreich) eingesetzt (Tab. 23 und Abb. 9).

Tab. 23: Medikamentöse Einlage im Gesamtkollektiv

Medikamentöse Einlage	Anzahl	Prozentsatz
Ca(OH) ₂	66	94,29 %
Ledermix	4	5,71 %
Summe	70	100 %

(* = Da bei mehreren vorhandenen Perforationen an demselben Zahn nur jeweils ein Medikament zum Einsatz kam, wurde in solchen Fällen der Zahn als ein Behandlungsfall geführt).

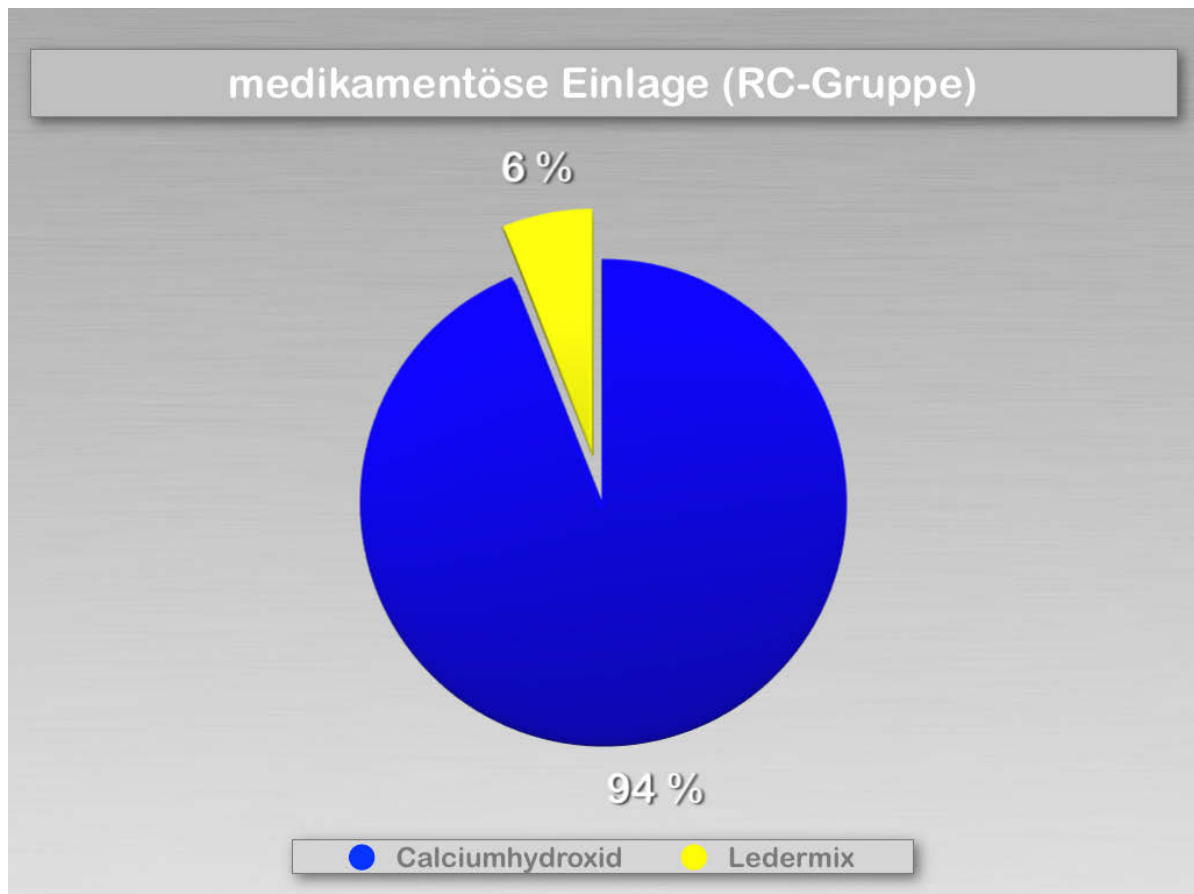


Abb. 9: Verteilung der medikamentösen Einlagen innerhalb der RC-Gruppe

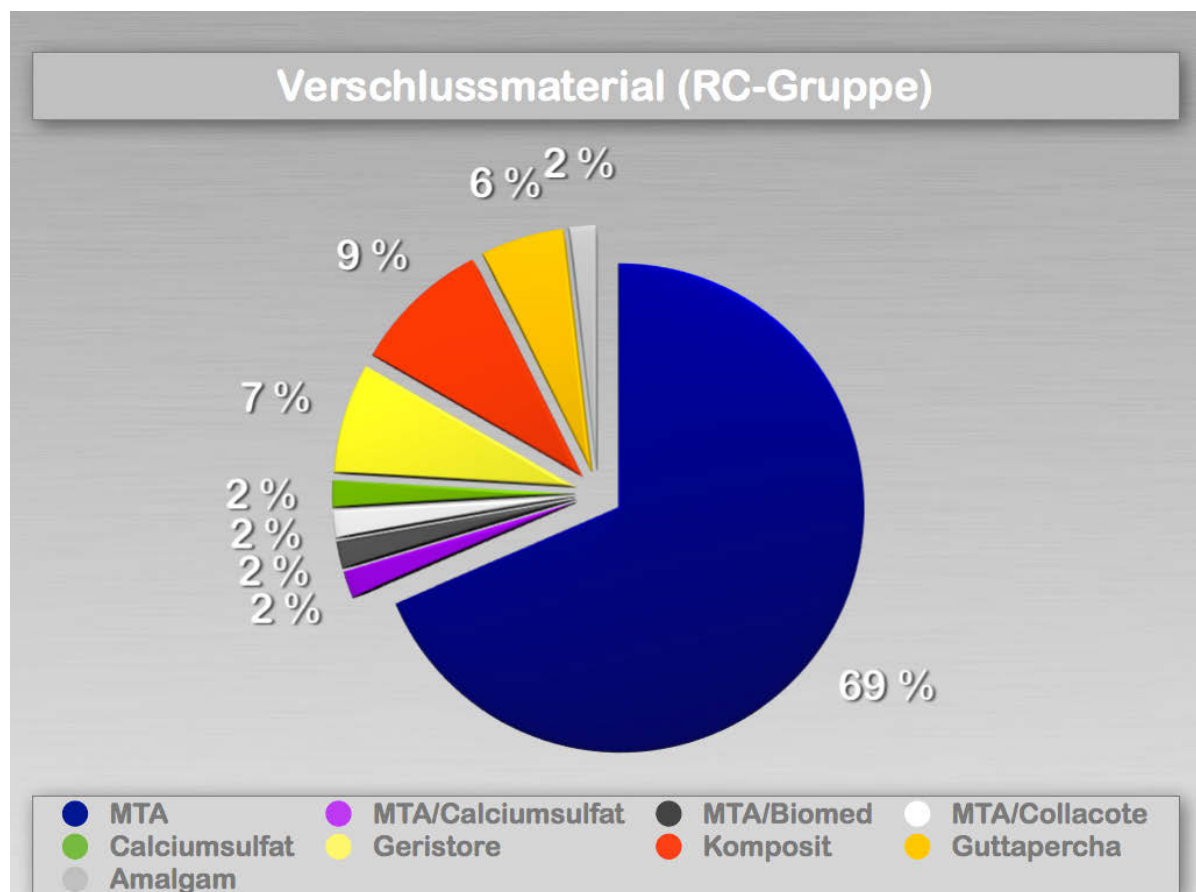
B) Verschlussmaterial

Die Perforationsdefekte wurden mit unterschiedlichen Materialien abgedeckt. Etwa zwei Drittel aller Fälle des Gesamtkollektivs wurde mit MTA (Mineraltrioxidaggregat) (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) versorgt (Tab. 24). In 2 Fällen wurde vor MTA-Applikation zudem eine resorbierbare Matriz e eingesetzt und in einem zusätzlich zum MTA auch Calciumsulfat verwendet. In 14,86 % der Fälle wurde der Defekt mit Komposit verschlossen. Des Weiteren wurden *Geristore* (Den-Mat, Santa Maria, CA, USA), Calciumsulfat und Amalgam verwendet. Teilweise wurde der betroffene Kanal auch regulär mit Guttapercha gefüllt und der Perforationsdefekt nicht weiter behandelt, vor allem wenn die Perforation vor Wurzelfüllung nicht erkannt wurde. In einem Fall war es nicht möglich, den perforierenden Wurzelstift zu entfernen. Er wurde daher zirkulär umbohrt und in situ belassen. Innerhalb der RC-Gruppe zeigte sich eine ähnliche Verteilung. Der Hauptteil der Perforationen wurde mit MTA gedeckt (68,52 %) (Abb. 10).

Tab. 24: Materialien zur Perforationsdeckung im Gesamtkollektiv

Repair Material	Anzahl	Prozentsatz
MTA	48	64,86 %
MTA + Calciumsulfat	1	1,35 %
MTA + <i>Biomed</i> -Membran	1	1,35 %
MTA + <i>Collacote</i> -Matrize	1	1,35 %
<i>Geristore</i>	4	5,41 %
Calciumsulfat	1	1,35 %
Calciumulfat + Komposit	1	1,35 %
Guttapercha	4	5,41 %
Komposit	11	14,86 %
Amalgam	1	1,35 %
Wurzelstift belassen	1	1,35 %
Summe	*74	100 %

(*=Da bei mehreren vorhandenen Perforationen teilweise verschiedene Materialien für den Perforationsverschluss eingesetzt wurden, wird jede Perforation als individueller Behandlungsfall geführt).

**Abb. 10:** Anteil der eingesetzten Materialien zur Perforationsdeckung (RC-Gruppe)

C) Chirurgische Intervention

90% des Gesamtkollektivs wurde rein konservierend behandelt (Tab. 25). In einigen Fällen erfolgte zusätzlich eine Wurzelspitzenresektion, in einem weiteren Fall wurde im Rahmen eines mikrochirurgischen Eingriffs eine Guided Tissue Regeneration (GTR) in einer Fachpraxis für Parodontologie durchgeführt. Ein Eingriff zur Entfernung von überextendierter Guttapercha wurde durchgeführt. Auch in der RC-Gruppe wurden 90% der Fälle rein konservativ (orthograd) therapiert (Abb. 11).

Tab. 25: Verteilung der verschiedenen chirurgischen Eingriffe im Gesamtkollektiv

Chirurgischer Eingriff	Anzahl	Prozentsatz
WSR	5	7,14 %
GTR	1	1,43 %
GP entfernt	1	1,43 %
keine	63	90 %
Summe	70	100 %

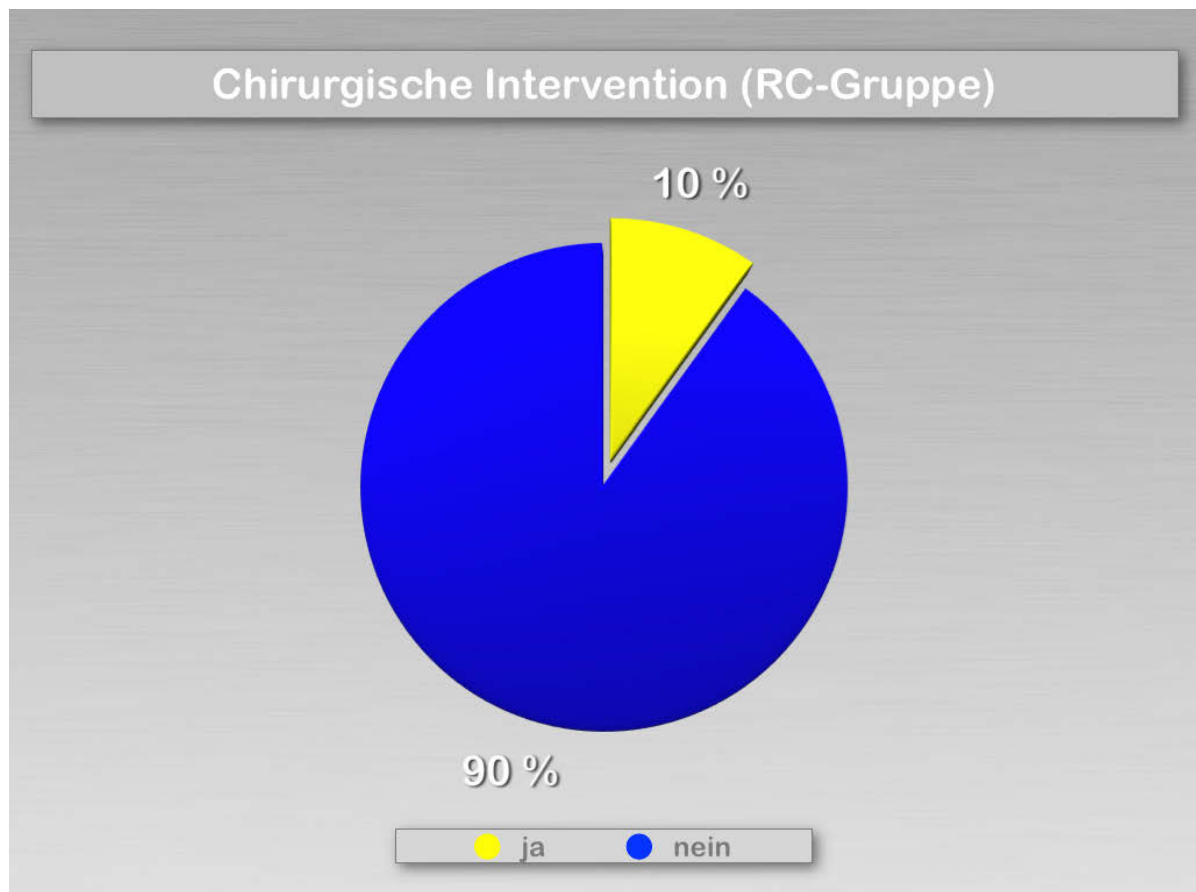


Abb. 11: Anteil der durchgeführten chirurgischen Eingriffe innerhalb der RC-Gruppe

5.3 Recall-Befunde

Nach der erfolgten endodontischen Behandlung wurde allen Patienten angeraten, sich regelmäßig im Rahmen eines Recallsystems nachuntersuchen zu lassen. Der Recall erfolgte in der Regel nach 6 Monaten, 1 Jahr, 2 Jahren, 3 Jahren, 4 Jahren, 5 Jahren, 10 Jahren (Abb. 12). Diese Recallzeiträume wurden leider nicht von allen Patienten wahrgenommen oder die Behandlungsfälle waren teilweise so aktuell, dass noch keine Recalldaten vorhanden waren. Es lagen anschließend röntgenologische Recallaufnahmen von 49 Patienten mit 50 behandelten Zähnen vor. Es ergab sich eine Recallgruppe (RC), die 71,02 % des Ausgangspatientenpools ausmachte.

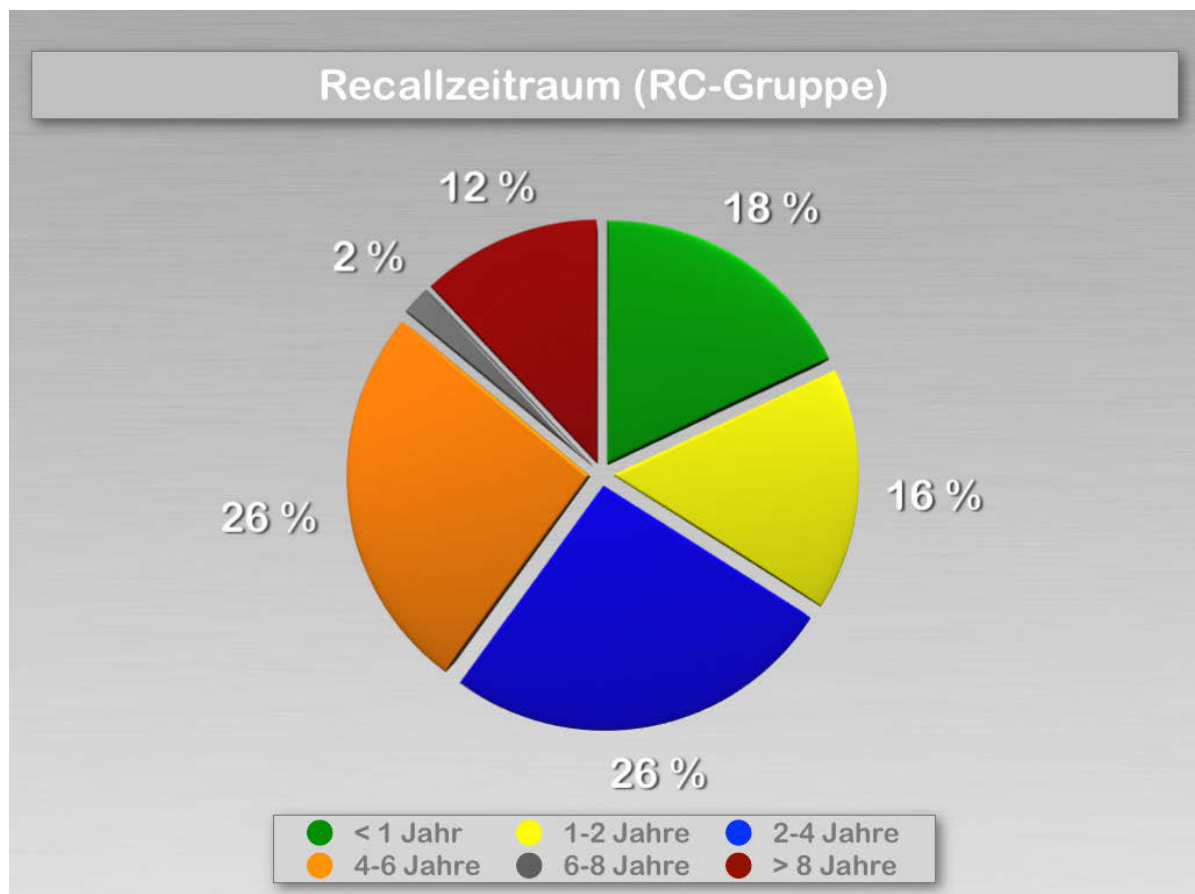


Abb. 12: Prozentuale Verteilung der verschiedenen Recallzeiträume.

Die Kontrollröntgenbilder wurden entweder vom Inhaber der Spezialpraxis selbst oder von den weiterbehandelnden Hauszahnärzten angefertigt.

Des Weiteren wurden die Zähne beim Recall klinisch untersucht. Dabei wurden Palpation, Perkussion, Funktionstüchtigkeit, Lockerungsgrad oder das Vorhanden-

sein eines Fistelganges untersucht. Ferner wurde untersucht, ob und wie der Zahn restauriert wurde und ob eine koronale Leakage bestand. Das jeweils zuletzt angefertigte Röntgenbild wurde anhand der oben genannten Scores ausgewertet. Fast alle Zähne zeigten den Lockerungsgrad 1 (Tabelle 26). Zumeist wiesen die Zähne keine oder geringe Palpationsempfindlichkeit auf (Tab. 27). 98 % der Zähne waren nicht oder gering perkussionsempfindlich (Tab. 28). Insgesamt 92 % der Zähne waren asymptomatisch und belastbar (Tab. 29).

Tab. 26: Verteilung der Lockerungsgrade in der RC-Gruppe (Zahnbeweglichkeit nach Pontius)

Lockerung	Anzahl	Prozentsatz
Grad 0 (Ankylose)	0	0 %
Grad 1 (physiologische Zahnbeweglichkeit)	49	98 %
Grad 2 (leichte Lockerung)	1	2 %
Grad 3 (starke Lockerung)	0	0 %
Summe	50	100 %

Tab. 27: Verteilung der Palpationsgrade in der RC-Gruppe

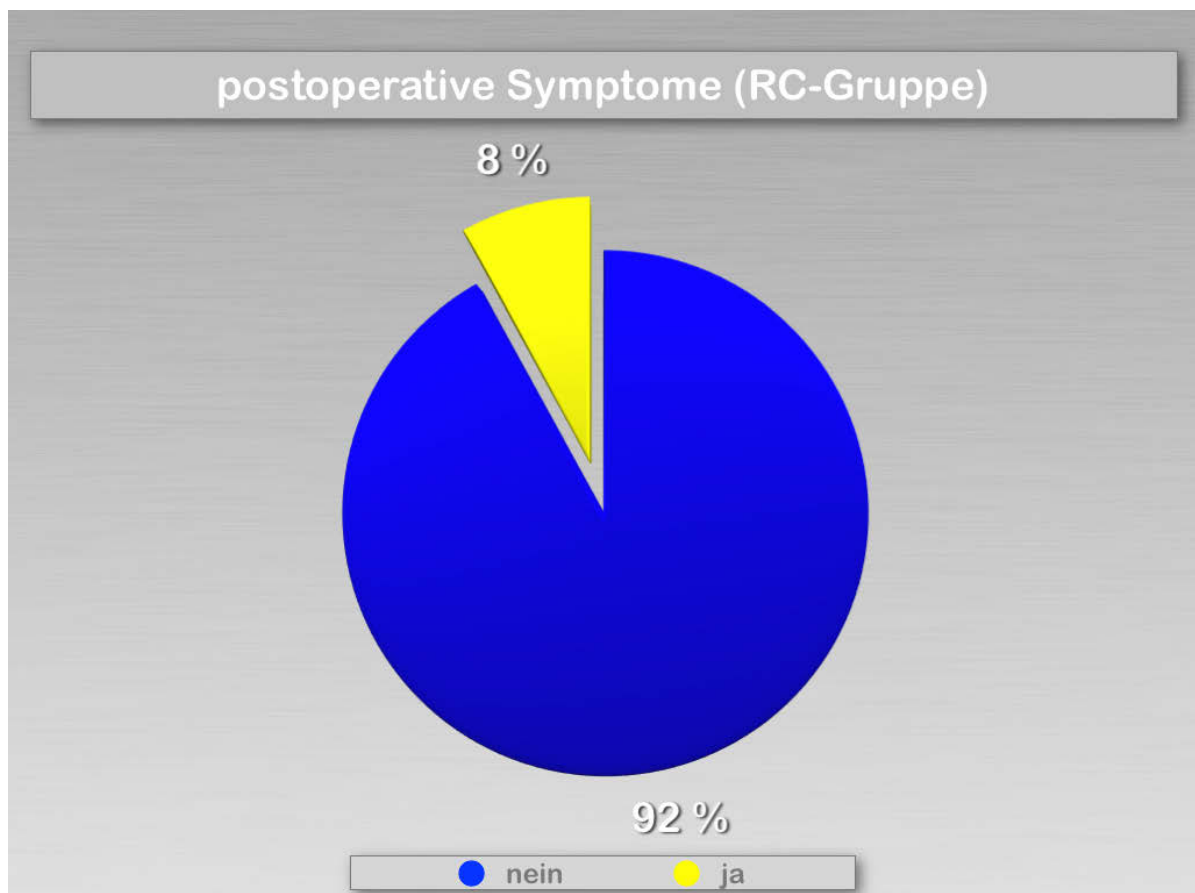
Palpation	Anzahl	Prozentsatz
Grad 0	22	44 %
Grad 1	27	54 %
Grad 2	1	2 %
Grad 3	0	0 %
Summe	50	100 %

Tab. 28: Verteilung der Perkussionsgrade in der RC-Gruppe

Perkussion	Anzahl	Prozentsatz
Grad 0	22	44 %
Grad 1	26	52 %
Grad 2	2	4 %
Grad 3	0	0 %
Summe	50	100 %

Tab. 29: Belastbarkeit und Symptomatik der therapierten Zähne (RC-Gruppe)

Asymptomatisch/belastbar	Anzahl	Prozentsatz
ja	46	92 %
nein	4	8 %
Summe	50	100 %

**Abb. 13:** Post-operative Symptomatik der behandelten Zähne in der RC-Gruppe

Viele Patienten wurden zur definitiven Restauration zum betreuenden Hauszahnarzt zurücküberwiesen. Einige wurden aber allerdings in der jeweiligen Spezialpraxis weiterversorgt.

Im letzten Recall waren alle Zähne restauriert, davon die Hälfte mit einer Krone (n=25; 50 %), 14 Zähne (28 %) erhielten zusätzlich einen Wurzelstift (Tab. 30). 9 Zähne (18 %) wurden mit plastischem Material (in allen Fällen mit Komposit) verschlossen, 2 Zähne waren in eine Brückenkonstruktion einbezogen (4 %). Die Mehrzahl der Restaurationen wies keine Leakage auf (Tab. 31).

Tab. 30: Verteilung der Restaurationsarten in der RC-Gruppe

Zahn restauriert	Anzahl	Prozentsatz
plastisch	9	18 %
Krone	25	50 %
Krone & Stift	14	28 %
Brücke	2	4 %
Summe	50	100 %

Tab. 31: Anteil von koronaler Leakage der versorgten Zähne in der RC-Gruppe

Koronale Leakage	Anzahl	Prozentsatz
ja	0	0 %
nein	47	94 %
möglich	3	6 %
Summe	50	100 %

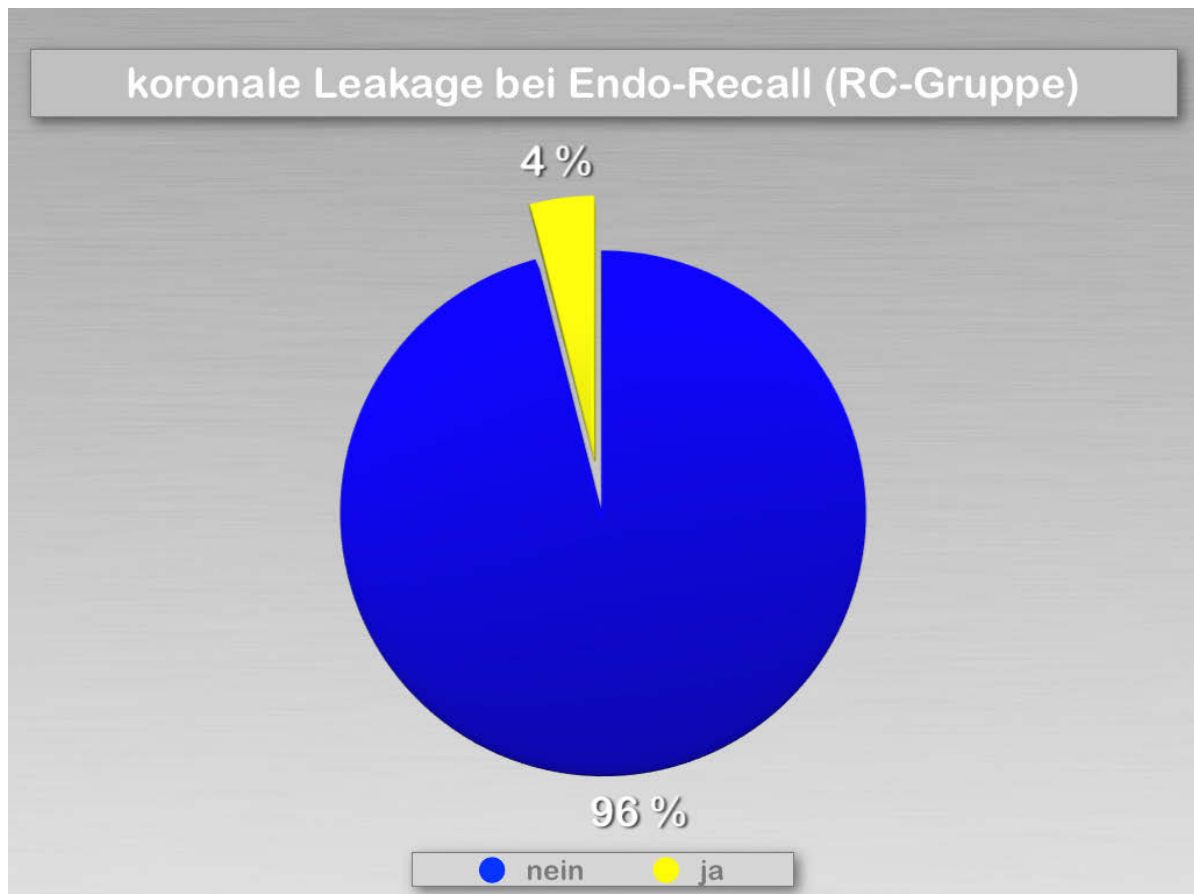


Abb. 14: Präsenz einer koronalen Leakage in der RC-Gruppe

Fistel

98 % der Zähne wiesen beim letzten Recalltermin keine Fistel auf (Tab. 32).

Tab. 32: Auftreten einer Fistelung an den untersuchten Zähnen (RC-Gruppe)

Fistel	Anzahl	Prozentsatz
ja	1	2 %
nein	49	98 %
Summe	50	100 %

Röntgenologischer koronaler Status (RCS-Score)

Röntgenologisch waren die Restaurationen im letzten Recall überwiegend intakt. Zwei Restaurationen zeigten einen Spalt, jedoch keine Sekundärkaries (Tab. 33).

Tab. 33: Verteilung der RCS-Scores der Restaurationen in der RC-Gruppe

RCS-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	46	92 %
Grad 2	2	4 %
Grad 3	0	0 %
nicht beurteilbar	2	4 %
Summe	50	100 %

Länge der Wurzelkanalfüllung (LRF-Score)

Alle Wurzelkanalfüllungen wiesen eine ausreichende Länge auf, jedoch schienen 2 Behandlungsfälle den röntgenologischen Apex zu überschreiten (Tab. 34).

Tab. 34: Verteilung der LRF-Scores der Wurzelkanalfüllungen in der RC-Gruppe

LRF-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	48	96 %
Grad 2	0	0 %
Grad 3	2	4 %
Summe	50	100 %

Homogenität der Wurzelkanalfüllung (HRF-Score)

Ein Großteil der Wurzelkanalfüllungen wies eine gute Kompaktion auf, nur 3 Wurzelkanalfüllungen zeigten gewisse Inhomogenitäten (Tab. 35).

Tab. 35: Verteilung der Bewertungen zur Homogenität der Wurzelkanalfüllungen

HRF-Score	Anzahl	Prozentsatz
1	47	94 %
2	3	6 %
Summe	50	100 %

Ein Großteil der Wurzelkanäle wies adäquate Wurzelkanalfüllungen auf. Zwei Zähne wurden mit RF-Score 2 beurteilt (Tab. 36).

Tab. 36: Anteil der verschiedenen Bewertungen zur Qualität der Obturationen

RF-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	48	96 %
Grad 2	2	4 %
Grad 3	0	0 %
Grad 4	0	0 %
Grad 5	0	0 %
Summe	50	100 %

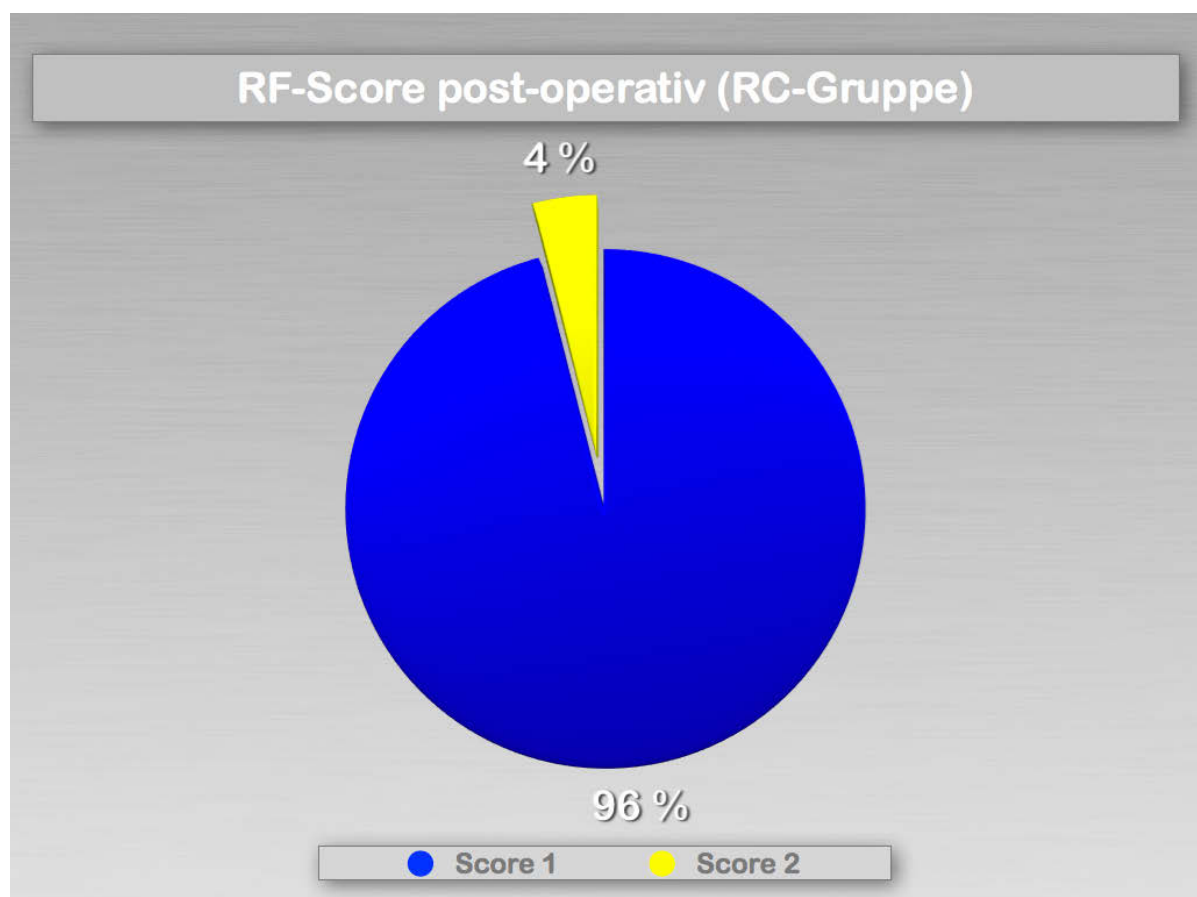


Abb. 15: Verteilung der post-operativen RF-Scores innerhalb der RC-Gruppe

Periapikal-Index (PAI-Score)

Die meisten Fälle zeigten keine Veränderungen im periapikalen Bereich, einige zeigten kleine Strukturänderungen (Tab. 37). Kein Zahn war bis zum Zeitpunkt des letzten Recalls extrahiert worden.

Tab. 37: Verteilung der PAI-Scores in der RC-Gruppe

PAI-Score	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	37	74 %
Grad 2	10	20 %
Grad 3	1	2 %
Grad 4	2	4 %
Grad 5	0	0 %
Summe	50	100 %

Root Perforation Index (RPI-Score)

56 % der Zähne wiesen keine röntgenologischen Strukturänderungen im Perforationsbereich mehr auf. 36 % zeigten kleine Strukturänderungen.

Tab. 38: Verteilung der RPI-Scores vor der Behandlung in der RC-Gruppe

Root Perforation Index (RPI)	Anzahl	Prozentsatz
Grad 1	28	56 %
Grad 2	18	36 %
Grad 3	3	6 %
Grad 4	1	2 %
Grad 5	0	0 %
Gesamt	*50	100 %

(*Bei mehreren Perforationen am gleichen Zahn wurde jeweils der höchste RPI-Score gewertet, so dass pro Zahn nur ein Wert vergeben werden konnte).

Bei dem Großteil der Fälle erschien der Parodontalspalt physiologisch (Abb. 16).

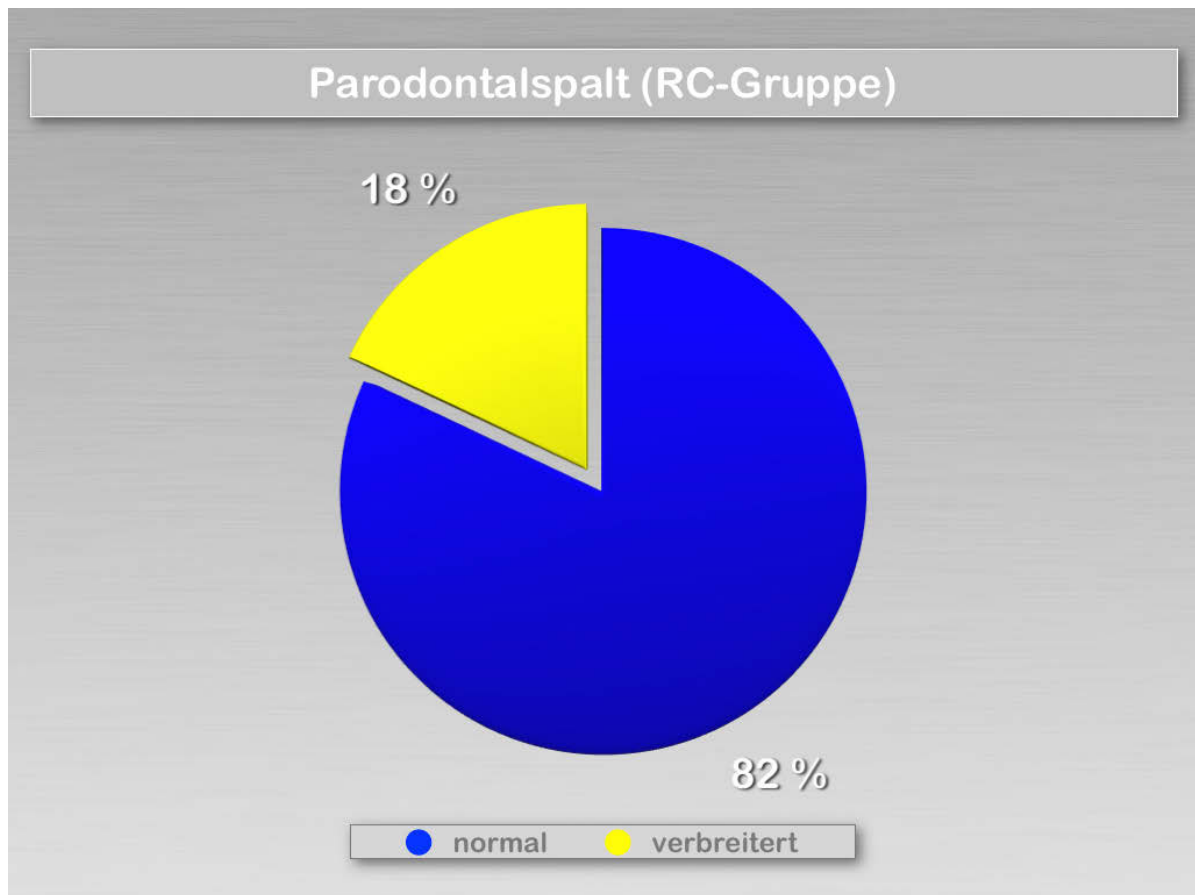


Abb. 16: Erscheinungsbild des parodontalen Ligamentes in der RC-Gruppe

5.4 Einfluss verschiedener Faktoren auf den Behandlungserfolg

Im Folgenden werden die verschiedenen Faktoren hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Behandlungserfolg ausgewertet und dargestellt. Dazu werden sowohl präoperative wie postoperative Einflussfaktoren untersucht.

5.4.1 Patientenspezifische Faktoren

Alter und Geschlecht

Das Patientenalter war in der vorliegenden Studie nicht ausschlaggebend für den Therapieerfolg (Fisher's Exact-Test: $p=0,670$). Männliche Patienten zeigten

hingegen signifikant mehr Misserfolge als weibliche Patienten (Fisher's Exact-Test: $p=0,009$).

5.4.2 Zahnspezifische Faktoren

Zahntyp, Wurzelzahl und Lokalisation

Der Behandlungserfolg zeigte keine Abhängigkeit vom Zahntyp (Fisher's Exact-Test: $p=0,605$). Auch erwies sich die Anzahl der Wurzeln des jeweiligen Zahnes als nicht relevant für den Behandlungserfolg (Fisher's Exact-Test: $p=0,346$). Ferner zeigte sich kein signifikanter Einfluss der Lage des Zahns in Ober- oder Unterkiefer (Fisher's Exact-Test: $p=0,682$).

Röntgenologische Ergebnisse

Die präoperative Länge der Wurzelkanalfüllung (Fisher's Exact-Test: $p=0,681$) oder deren Homogenität (Fisher's Exact-Test: $p=1,0$) sowie der Root filling-Score (Chi-square-Test: $p=1,0$) hatten keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg. Der präoperative PAI-Score (Fisher's Exact-Test: $p=0,519$) war ohne Einfluss auf den Erfolg.

Der präoperative röntgenologische koronale Status wies einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis auf (Fisher's Exact-Test: $p=0,023$).

Recallzeitpunkt

Der Zeitpunkt des Recalls zeigte statistisch keinen signifikanten Einfluss auf das Behandlungsergebnis (Fisher's Exact-Test: $p=0,502$).

Perforation

Die Höhe (Fisher's Exact-Test: $p=1,0$) sowie Lokalisation der Perforation (Fisher's Exact: $p=0,617$) zeigten keinen statistisch signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg. Auch die Größe der Perforation der vorliegenden Studie war nicht relevant für das Ergebnis (Fisher's Exact-Test: $p=0,503$). Ferner war es für das Ergebnis unerheblich, welcher Perforationstyp präoperativ vorgelegen hatte (Fisher's Exact-Test: $p=0,839$) oder wie die Perforation entstanden war (Fisher's Exact-Test: $p=1,0$). Die röntgenologische Ausgangssituation zum Zeitpunkt der

Perforationsbehandlung zeigte keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg (Fisher's Exact-Test: $p=0,937$).

Repair

Ein vorheriges Repair zeigte keinerlei Einfluss (Fisher's Exact-Test: $p=1,0$). Ebenso zeigte die Dauer der vorhandenen Perforation bis zur Perforationsdeckung keinen Einfluss auf das Ergebnis (Fisher's Exact-Test: $p=0,87$). Die Präsenz einer Fistel war nicht signifikant (Fisher's Exact-Test: $p=1,0$).

Medikamentöse Einlage

Die medikamentöse Einlage war ohne Einfluss auf das Ergebnis (Fisher's Exact-Test: $p=1,0$).

5.4.3 Post-operative Befunde

Der postoperative PAI-Score zeigte einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis (Fisher's Exact-Test: $p=0,017$). Ebenso zeigte der RP-Index einen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg (Fisher's Exact-Test: $p=0,000$).

Wurzelkanalfüllung

Die Qualität der Wurzelkanalfüllung sowie deren Homogenität waren postoperativ auf einem sehr hohen Niveau und zeigten keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg (Fisher's Exact-Test: $p=1,0$). Die Länge der Wurzelkanalfüllung war in den allermeisten Fällen korrekt und wies nur selten eine Überfüllung auf. Dennoch war die Länge der Wurzelkanalfüllung nicht relevant für den Erfolg der Behandlung (Fisher's Exact-Test: $p=0,212$).

Perforationsverschluss

Auch im Rahmen der vorliegenden Studie zeigte sich, dass das für den Perforationsverschluss verwendete Material einen signifikanten Einfluss auf das Behandlungsergebnis hatte (Fisher's Exact-Test: $p=0,643$). Dabei zeigte sich kein signifikanter Unterschied, ob die Perforation ausschließlich orthograd oder kombiniert endodontisch-chirurgisch versorgt wurde (Fisher's Exact-Test: $p=0,089$).

Koronale Restauration

Bei Recall waren 48 der 50 Zähne restauriert. Die beiden nicht restaurierten Zähne benötigten keine neue Restauration. Von den 41 indirekt restaurierten Zähnen erhielten 12 zusätzlich einen Stiftaufbau, 2 wurden in eine Brückenkonstruktion einbezogen.

47 Restaurationen (94 %) waren intakt (Grad 1), 3 (6 %) zeigten einen Spalt (Grad 2), eine Sekundärkaries trat in keinem Fall auf. Eine mögliche koronale Leakage, die röntgenologisch allerdings von beiden Untersuchern nur als mögliche post-operative Leakage beurteilt wurde, ergab jedenfalls einen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg (Fisher's Exact-Test: $p=0,030$).

Der röntgenologische koronale Status bei Recall zeigte keinen signifikanten Einfluss auf den Erfolg (Fisher's Exact-Test: $p=1,0$).

Bei der Beurteilung des röntgenologischen koronalen Status zeigte sich keine statistische Signifikanz (Chi-square-Test: $p=0,452$).

Nach dem Chi-square-Test hat die Art der Restauration keinen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg (Chi-square-Test: $p=1,0$).

Parodontaler Zustand

Fast alle Zähne wiesen den physiologischen Lockerungsgrad 1 auf, 2 % zeigten Lockerungsgrad 2. Lockerungsgrad 3 kam nicht vor. Dabei wurde für diese Studie ein Zahnbeweglichkeits-Score erstellt, der mit Lockerungsgrad 0 die Ankylose des Zahnes meint bzw. die physiologische (Un-)beweglichkeit eines Implantates. Grad 1 entspricht einer physiologischen Beweglichkeit, ab Grad 2 liegt eine pathologische Zahnbeweglichkeit vor. Die Zahnbeweglichkeit hatte keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg (Fisher's Exact-Test: $p=0,71$).

Bei 18% der Fälle war ein röntgenologisch erweiterter Parodontalspalt zu beobachten, was für einen entzündlichen Prozess sprach. Dabei korrelierte der Zustand des parodontalen Ligaments statistisch mit dem Behandlungserfolg (Fisher's Exact Test: $p=0,000$).

26 Zähne (52 %) waren Grad 1 perkussionsempfindlich (Tabelle 27). 22 Zähne (44 %) waren überhaupt nicht perkussionsempfindlich, zwei (4 %) hatten Perkussionsgrad 2. Kein Zahn wies Perkussionsgrad 3 auf. Der Perkussionsbefund hatte einen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg (Fisher's

Exact-Test: $p=0,012$).

27 Zähne (54 %) wiesen bei der Palpation keine Beschwerden (Grad 1) auf, 22 Zähne (44 %) waren nicht palpationsempfindlich, ein Zahn (2 %) zeigte mit Palpationsgrad 2 mäßige Schmerzen.

Postoperative Symptomatik

Das Vorhandensein eines Palpationsschmerzes korrelierte signifikant mit dem Auftreten eines endodontischen Misserfolgs (Chi-square-Test: $p=0,017$; Spearman's $\rho = 0,413$). Auch das Vorliegen postoperativer Beschwerden zum Zeitpunkt des Recalls zeigte einen signifikanten Einfluss auf den Erfolg der Therapie (Fisher's Exact-Test: $p=0,003$). Das Auftreten einer Fistel war nur in einem Fall eines Misserfolgs vorhanden, in 5 Misserfolgsfällen wurde keine Fistelentstehung beobachtet (Fisher's Exact-Test: $p=0,111$).

Vorher-Nachher-Vergleiche

Der periapikale Status zeigte außerdem statistisch signifikante Unterschiede der Vorher-Nachher-Daten (PAI pre vs. post-op: $p=0,000$). Auch der periradikuläre resp. pararadikuläre Status zeigte signifikante Unterschiede (RPI pre vs. post-op: $p=0,000$).

Die Qualität der Wurzelkanalfüllungen unterschied sich vor und nach der Behandlung signifikant (RF pre vs. post-op: $p=0,000$). Auch die Länge der Wurzelkanalfüllungen unterschied sich dabei prä- und postoperativ signifikant (LRF pre vs. post-op: $p=0,005$).

Hingegen zeigte sich bei der Homogenität der Wurzelkanalfüllungen kein signifikanter Unterschied (HRF pre vs. post-op: Chi-square-Test, $p=0,257$).

Der röntgenologische koronale Status unterschied sich allerdings im Vorher-Nachher-Vergleich signifikant (RCS pre vs. post-op: $p=0,013$).

5.5 Misserfolge

Von den 50 behandelten Zähnen der Recallgruppe wurden 5 behandelte Zähne (entsprechend 10 %) als Misserfolg gewertet (Abb. 17).

Als Misserfolg wurden alle Fälle bewertet, die

- keine klinische Symptommfreiheit
- pathologische, erhöhte Parodontaltaschentiefen
- Läsionen endodontischen Ursprungs im letzten Recall-Röntgenbild (PAI 3-5)
- einen pathologischen Lockerungsgrad
- einen Fistelgang

aufwiesen oder bei denen nach der Behandlung der Zahn endodontisch revidiert oder extrahiert werden musste.

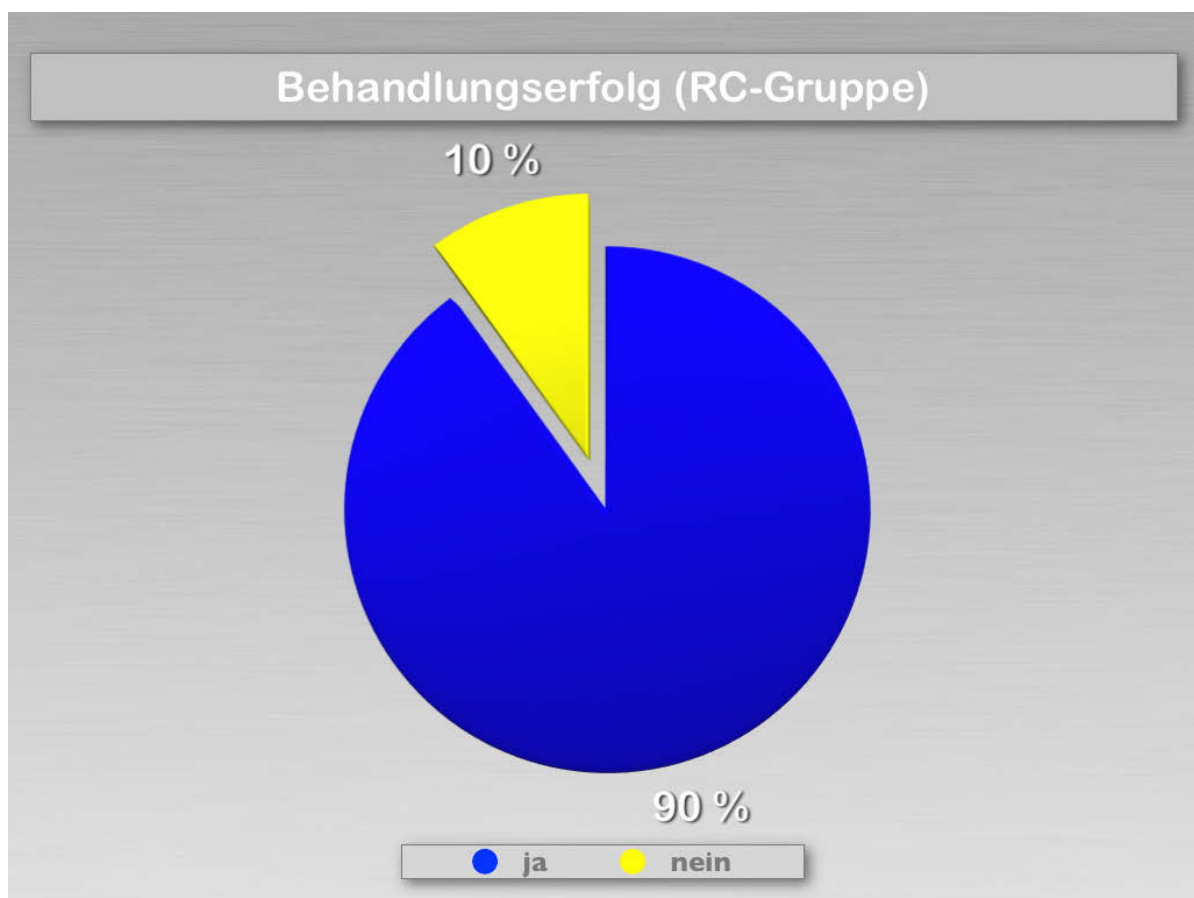


Abb. 17: Verteilung von Behandlungserfolg und Misserfolg in der RC-Gruppe

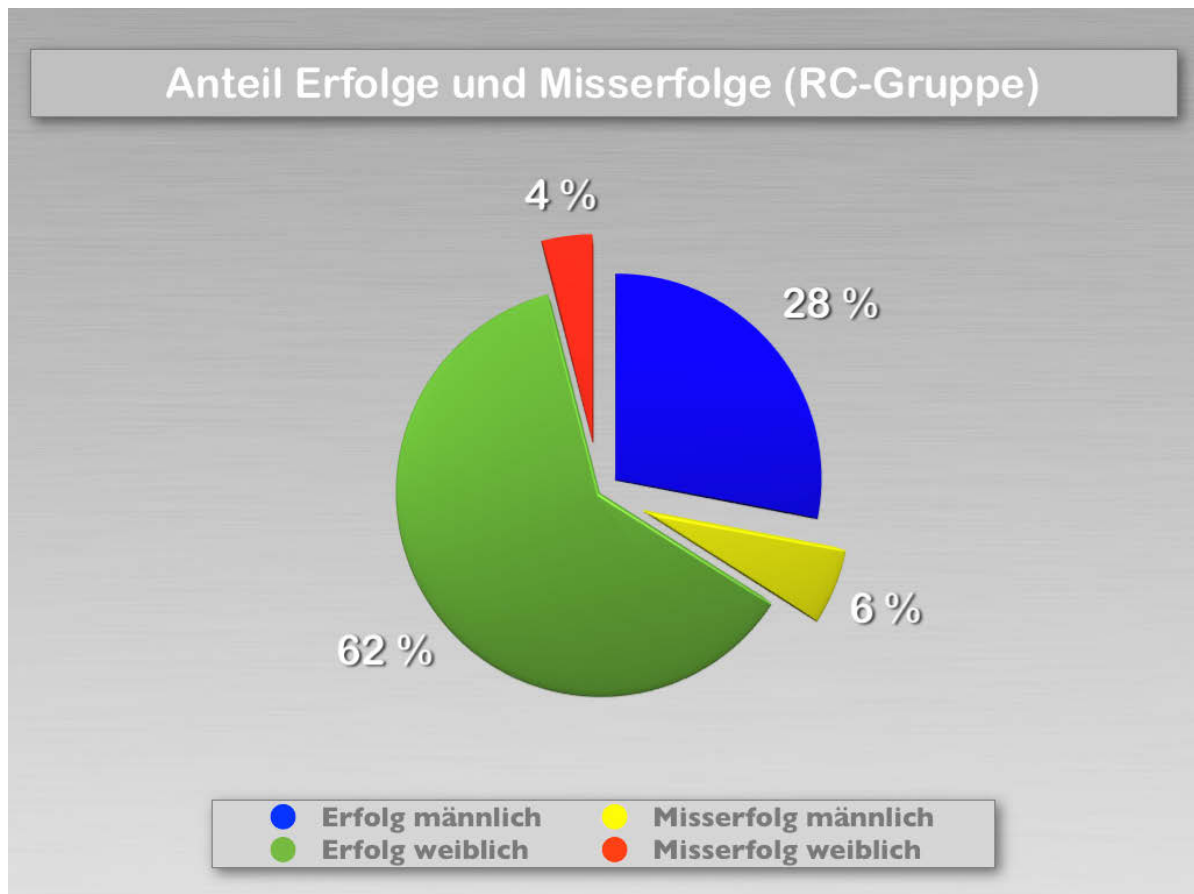


Abb. 18: Verteilung von Erfolg und Misserfolg nach Geschlecht (RC-Gruppe)

6 Diskussion

6.1 Diskussion der Methodik

6.1.1 Untersuchungsgut

Die vorliegende Studie vereint die Ergebnisse von Perforationsbehandlungen der aus 6 endodontologischen Fachpraxen, die zwischen 1998 und 2010 behandelt und im Rahmen der Qualitätssicherung routinemäßig nachuntersucht wurden. Dazu wurden die behandelten Zähne klinisch und röntgenologisch nachuntersucht, wobei ein aktueller Zahnfilm entsprechend den Empfehlungen der DGZMK angefertigt und befundet wurde.

Die Behandlungen wurden ausschließlich durch Spezialisten für Endodontie durchgeführt, da diese Therapie eine entsprechende Expertise der Behandler voraussetzt. Zudem konnte auf diese Weise verhindert werden, dass die Erfahrung des Behandlers einen möglichen Einflussfaktor darstellt.

Der Beobachtungszeitraum betrug zwischen 6 Monaten und 12 Jahren. Hinsichtlich der unterschiedlichen Beobachtungszeiten muss angemerkt werden, dass sich viele Patienten ausschließlich zur Perforations- und Wurzelkanalbehandlung in den Fachpraxen vorstellten und die weitere Therapie wieder bei ihrem behandelnden Hauszahnarzt durchführen ließen. Der Anteil der Patienten, die sich zum Recall vorstellten, lag mit etwas mehr als 71 % auf einem guten Niveau. In der Heidelberger Studie zu Perforationen lag die Recall-Gruppe bei 81 % der behandelten Patienten (Mente et al. 2010), allerdings war hier der Beobachtungszeitraum mit nur 12-65 Monaten etwas enger gesteckt. Die Recall-Raten der Toronto-Studie lagen zwischen 20 und 85% (de Chevigny et al. 2008, Farzaneh et al. 2004a, Farzaneh et al. 2004b, Friedman et al. 2003, Hepworth & Friedman 1997, Wang et al. 2004). Auch in anderen Studien über die Langzeiterfolge endodontischer Revisionsbehandlungen liegen sehr unterschiedliche Recall-Raten zwischen 26 und 93% vor (Fristad et al. 2004, Molven & Halse 1988, Allen et al. 1989, Bergenholtz et al. 1979a, Bergenholtz et al. 1979b, Sundqvist et al. 1998, Gorni & Gagliani 2004, Caliskan 2005). Teilweise wurde überhaupt nicht angegeben, wie viele der einbezogenen Patienten zur Nachuntersuchung erschienen, was die wissenschaftliche Aussagekraft derartiger

Studien ernsthaft in Frage stellt (Sjogren et al. 1990, Van Nieuwenhuysen et al. 1994, Friedman et al. 1995, Danin et al. 1996, Chugal et al. 2001, Hoskinson et al. 2002).

Als kleinste Untersuchungseinheit dieser Studie wurde der Zahn herangezogen. Die klinischen Daten zeigten, dass auch mehrere Perforationen an einem einzigen Zahn auftraten, was jedoch nur sehr selten der Fall war. Daher wurde dies in den Ergebnistabellen gesondert vermerkt. Waren mehrere Perforationen versorgt worden, so wurde bei der klinischen und röntgenologischen Beurteilung der Perforationsstelle jeweils der schlechteste Wert angenommen. Eine Separation in die einzelnen Auswertungsgrade wäre zwar möglich gewesen, aber insbesondere im Hinblick auf die Ergebnisse von Perkussion, Palpation, Fistel sowie des RPI-Grades nicht eindeutig möglich gewesen. Somit wurden diese, den Erfolg bestimmenden Faktoren, immer pro Zahn erhoben.

Zudem war es möglich, dass mehrere perforierte Zähne bei einem Patienten auftraten. Dies war in der Praxis jedoch nur einmal der Fall gewesen. Dennoch war es hier möglich, die Ergebnisse der beiden behandelten Zähne getrennt voneinander zu ermitteln.

Ein- oder Ausschluss-Kriterien wurden nicht festgelegt. Grund hierfür war, dass einerseits die Zahl der Perforationen mit 2,3 bis 12 % relativ niedrig ist. Ferner werden nicht alle Perforationen als solche erkannt und folglich nicht behandelt und nicht nachuntersucht. Zudem entscheiden sich manche Patienten anstelle einer zeitlich aufwändigen Perforationsbehandlung teilweise auch für die Extraktion. Somit ist es nicht einfach, eine brauchbare Anzahl an Behandlungsfällen zu rekrutieren, welche eine valide Statistik ermöglicht. Auch Clauder & Shin forderten weitere Forschung in diesem Bereich, da nicht genügend klinische Studien zu der Thematik "Perforationsdeckung mit MTA" vorlagen (Clauder & Shin 2009). Ebenfalls beurteilten Regan et al. die bis 2005 publizierte Literatur zu Wurzelperforationen als haltlos, rein empirischer Natur und ungenügend Evidenzbasiert um eine spezifische Behandlungsmöglichkeit von Perforationen empfehlen zu können (Regan et al. 2005). Die Behandlung von Perforationen wurde zumeist nur in einzelnen Case-Reports dokumentiert (Biswas et al. 2011, Altundasar & Demir 2009, Foreman 1985, Hembrough et al. 2003, Hwang & Hwang 2011, Arens & Torabinejad 1996).

Da es sich hier um eine retrospektive Studie handelt, wurden zunächst alle Patientenbehandlungen dokumentiert. Die erforderliche Nachuntersuchung erfolgte zumeist in den endodontologischen Fachpraxen, teilweise auch bei den behandelnden Hauszahnärzten, so dass bei allen in die Nachuntersuchungsgruppe einbezogenen Behandlungsfällen ein klinischer und röntgenologischer Befund basierend auf den erforderlichen Richtlinien vorhanden war. Die somit erhobenen Parameter führten zwar zu vereinzelt recht kleinen Gruppenstärken, allerdings konnten diese durch adäquate statistische Verfahren (z. B. Fisher's Exact Test) dennoch korrekt berechnet werden, so dass in jedem Fall eine valide Aussage möglich war.

6.1.2 Datenerfassung

Die Erhebung der Daten dieser retrospektiven Studie basierte ausschließlich auf den vorliegenden Daten, die durch die 6 behandelnden Spezialisten mittels der Software *The Digital Office* erhoben wurden. So wurden alle relevanten Daten von den behandelnden Spezialisten einheitlich erfasst. Erfolgt hingegen die Nachuntersuchung bei den behandelnden Hauszahnärzten, so wurden die relevanten Daten (klinischer Befund entsprechend der Software *The Digital Office* sowie Röntgenbild) an die behandelnden Spezialisten übermittelt, um die Datenerhebung zu vervollständigen.

Anhand der Erstaufnahme, welche in der Praxis des überweisenden Zahnarztes oder falls nicht vorhanden, beim jeweiligen Spezialisten angefertigt wurde, konnte die präoperative Situation dokumentiert („Wurzelkanalfüllung“, „PAI-Score“, „RPI-Score“, etc.) und beurteilt werden. Zudem war bei jedem Patienten, dessen Fall im Rahmen des Recalls in die Nachuntersuchungsgruppe einbezogen worden war, ein Recall-Röntgenbild vorhanden. Zum Großteil lagen diese Bilder in digitaler Form vor.

Patientenbezogene Daten („Alter“, „Geschlecht“) wurden lediglich für die Analyse des Patientenlientels erhoben. Das Kriterium „Zahntyp“ wurde erhoben, um die untersuchten Zahngruppen genauer aufschlüsseln zu können. Hierdurch sollten speziell vom Zahntyp abhängige Einflüsse ermittelt werden.

Zur Beurteilung des Zustands vor der Perforationsbehandlung wurden folgende prä- und postoperative Daten erhoben und in den vorbereiteten Auswertungsbogen eingetragen:

- Geschlecht
- Alter des Patienten
- Zahntyp (Frontzahn/Seitenzahn)
- Wurzelanzahl (einwurzlig/mehrwurzlig)
- Lokalisation der Perforation (suprakrestal, krestal, subkrestal)
- Perforationsursache (Bohrer, Wurzelstift, Instrument, Resorption, Karies)
- zuvor erfolgte Perforationsdeckung (ja/nein)
- vergangene Zeit zwischen Perforation und Perforationsverschluss
- Restauration
- Leakage (ja/nein)
- Symptomatik (ja/nein)
- Zustand des parodontalen Ligaments (physiologisch/pathologisch)
- Palpationsbefund (Grad 0 bis 3)
- Perkussionsbefund (Grad 0 bis 3)
- Lockerungsgrad (Grad 0 bis 3)
- Fistelung (ja/nein)
- PAI-Score (Grad 1 bis 5)
- RPI-Score (Grad 1 bis 5)

6.1.3 Definition von Behandlungserfolg

Die Festlegung von Erfolg und Misserfolg der endodontischen Behandlung erfolgte anhand der verfügbaren Informationen aus der Behandlungsdokumentation:

Erfolg: Der Zahn war nach erfolgter Perforationsbehandlung und Wurzelkanalfüllung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch in situ und wies weder klinisch noch röntgenologisch einen pathologischen Befund auf.

Misserfolg: Der Zahn wies einen pathologischen Befund auf:
 Klinisch: erhöhte Sondierungstiefe, erhöhte Lockerung, Fistel, Palpationsschmerz, Perkussionsschmerz, bereits erfolgte oder bevorstehende Extraktion
 Röntgenologisch: pathologisch verbreiteter Parodontalspalt oder Osteolyse im Bereich der Perforationsstelle

Die Begriffe „Erfolg“ und „Misserfolg“ werden in der Literatur nicht einheitlich definiert (Bergenholtz et al. 1979b, Van Nieuwenhuysen et al. 1994, Danin et al. 1996, Farzaneh et al. 2004a). Ein entscheidendes Kriterium für den endodontischen Erfolg ist die Beschwerdefreiheit des Patienten. Dabei liegen an dem betreffenden Zahn weder klinische noch röntgenologische Anzeichen einer pathologischen Veränderung vor (Ng et al. 2008a, Wu et al. 2009, Ng et al. 2008b).

Im Rahmen dieser Studie erfolgte zudem ein Vergleich der prä- und postoperativen Röntgenbilder. So war es möglich gewesen, dass eine negative Veränderung der röntgenologischen Situation postoperativ erkannt werden konnte, welche initial noch nicht bestanden hatte. Dieser Vergleich erlaubte somit, dass neben dem klinischen Befund auch durch den röntgenologischen Befund ein Misserfolg der Perforationsbehandlung detektiert werden konnte. Eine Osteolyse im Bereich der ehemaligen Perforationsstelle wurde konsequenterweise als endodontischer Misserfolg gewertet. Manche Studien sprechen auch bei einer unvollständigen Heilung, welche röntgenologisch als persistierende knöcherne Läsion imponiert, von einem teilweisen Erfolg (Peak 1994, Friedman et al. 1995, Löst et al. 1995). Dies stellt eine Möglichkeit der Klassifikation von Grenzfällen dar, die zwar Schmerzfreiheit zeigen, aber keine völlige Ausheilung aufweisen. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde von dieser weiter gefassten Klassifikation Abstand genommen, da eine persistente knöcherne Läsion zwar möglicherweise eine bindegewebige Narbe darstellen kann, allerdings nicht sicher von einer chronischen Entzündung, etwa einer chronischen Parodontitis apicalis, abgegrenzt werden kann (Bhaskar 1966, Love & Firth 2009). Da die röntgenologische Auswertung hier keine definitive Aussage zulässt und eine histologische Beurteilung nicht durchführbar ist, wurden solche Zweifelsfälle als Misserfolge klassifiziert.

Eine weitere Verfeinerung der Auswertung wurde durch die Schaffung des Root Perforation-Index-Scores (kurz RPI-Score) erzielt. Die Erhebung dieses Kriteriums neben dem in der endodontischen Literatur bereits etablierten Periapikal-Index-Scores erlaubte eine exaktere Differenzierung dahingehend, ob der Misserfolg perforationsbedingt, endodontisch bedingt oder multifaktoriell verursacht war. Hinsichtlich einer Therapie solcher Fälle wäre dies nicht unerheblich, da diese feinere Einteilung den Vorteil hätte, diese Misserfolgswfälle genauer betrachten und adäquater therapieren zu können. Eine persistente Läsion im Bereich der ehemaligen Läsionszone könnte so durch eine alleinige Behandlung der Perforationsstelle therapiert werden und eine unnötige und zeitaufwändige Revision der Wurzelkanalfüllungen in den nicht betroffenen Wurzelkanälen vermieden werden. Im Gegensatz dazu wäre eine rein apikal lokalisierte, von der gedeckten Perforationsstelle unabhängige knöcherne Läsion ausschließlich durch die Revision des Wurzelkanalfüllmaterials zu therapieren, ohne dass der Perforationsverschluss angetastet werden müsste. Auch hier könnte eine unnötige und zeitaufwändige Deckung des Perforationsbereichs verhindert werden.

In dieser Studie kamen solche Grenzfälle insbesondere aufgrund der geringen Zahl an Misserfolgen und deren Ursachen nicht vor, allerdings können solche Situationen in der täglichen Praxis sehr wohl auftreten und hier die Therapieentscheidung vereinfachen.

6.1.4 Statistische Auswertung

Im Rahmen dieser Studie wurden die verschiedenen Kriterien und ihr möglicher Einfluss auf den Erfolg der durchgeführten Perforationsbehandlung untersucht. Dazu wurden die verschiedenen Kriterien mittels Fisher's Exact-Test ausgewertet. Diese Methode stellt ein gängiges Verfahren dar und erlaubte zudem auch die Berechnung bei kleinen Fallzahlen. Ferner wurde die Übereinstimmung der Auswertungsergebnisse der beiden Untersucher mittels Cohen's kappa berechnet. Dabei ergaben die ermittelten Daten eine hohe bis sehr hohe Übereinstimmung der beiden Untersucher (Cohen's kappa-Werte zwischen 0,712 bis 0,825).

6.2 Diskussion der Ergebnisse

6.2.1 Faktor „Alter“ des Patienten

Das in der vorliegenden Arbeit beschriebene Patientengut umfasste 59 Patienten mit 60 behandelten Zähnen und wies in seiner Altersstruktur eine relativ gleichmäßige Verteilung auf die Altersgruppen bis und über 45 Jahre auf, wobei die erste leicht überwog. Die Altersstruktur der Recallgruppe deckte sich weitestgehend mit der zur Diskussion herangezogenen Studie von Mente et al. (2010), welche ebenfalls den Behandlungserfolg von Perforationsdeckungen nachuntersuchte. Drei publizierte Fallvorstellungen (Case reports) über Perforationsdeckungen mit MTA handelten von Patienten mit einem Alter von 45 Jahren (Altundasar & Demir 2009, Park & Lee 2008, Silveira et al. 2008). In der Toronto-Studie von 2004 überwog hingegen der Recall-Patientenpool über 45 Jahre (Farzaneh et al. 2004a). Das Patientenalter zeigte in der vorliegenden Studie keinen Einfluss auf den Therapieerfolg. Diese Aussage deckt sich mit der Studie von Mente und den Toronto-Studien (Mente et al. 2010, de Chevigny et al. 2008, Farzaneh et al. 2004a, Farzaneh et al. 2004b, Friedman et al. 2003, Wang et al. 2004).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Erfolg der Perforationsbehandlung **nicht vom Alter** des Patienten abhängig war.

Somit wird die Nullhypothese #1 **angenommen**.

6.2.2 Faktor „Geschlecht“ des Patienten

In der Geschlechter-Verteilung überwog der weibliche Anteil deutlich, vergleichbar mit der Toronto-Studie über Wurzelkanalrevisionen (Farzaneh et al. 2004a). In der Heidelberger Studie überwog hingegen der Anteil männlicher Patienten (Mente et al. 2010). Der Erfolg der Behandlung zeigte in der vorliegenden Studie keine Abhängigkeit vom Geschlecht des Patienten.

Übereinstimmend mit der vergleichbaren Studie hatten die Faktoren „Alter“ und „Geschlecht“ keinen statistisch signifikanten Einfluss auf Erfolg oder Misserfolg der vorgenommenen Therapie (Mente et al. 2010). In einer Untersuchung von Ørstavik

zeigte sich bei der Behandlung von älteren Patienten eine bessere Prognose bei endodontischen Behandlungen (Ørstavik et al. 2004). Als Erklärung wurde aufgeführt, dass eine progressive Reduzierung des Pulpenraumes und der Ramifikationen das Volumen für Infektion limitiert und es einfacher machte, das Kanalsystem adäquat aufzubereiten und zu obturieren.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Erfolg der Perforationsbehandlung **nicht vom Geschlecht** des Patienten abhängig war.

Somit wird die Nullhypothese #2 **angenommen**.

6.2.3 Faktor „Zahntyp“ und „Wurzelzahl“

Die Zahl der behandelten Personen und Zähne lag mit 60 erfassten Zähnen mit insgesamt 74 Perforationen im Vergleich mit der vergleichbaren Studie von Mente et al. (2010) (26 Zähne und Perforationen) relativ hoch, da dieser sehr spezifische Patientenpool selbst in auf die Endodontie spezialisierte Praxen klein ist. Sobald eine Perforation aufgetreten war, sank die Überlebensprognose des betroffenen Zahnes. Die Alternative der Extraktion mit anschließender Implantation wird nicht selten gewählt. Die Toronto-Studie wies einen sehr viel größeren Patientenpool auf (n=523), befasste sich aber generell mit Wurzelbehandlungs-Revisionsfällen (Farzaneh et al. 2004a). Eine Perforation lag nur in 8% der Fälle vor (n=42), damit ist diese Fallzahl immer noch geringer als die der vorliegenden Studie. Bedenkt man zusätzlich, dass die meisten Studien eine größere Anzahl von Behandlern umfassten, weist die vorliegende Arbeit eine geeignete Aussagekraft über die Qualität des Behandlungskonzeptes auf.

Die vorliegende Untersuchung schloss keine Zahngruppe aus. Das Überwiegen von Perforationen im Bereich des Oberkiefers im Vergleich zum Unterkiefer mit 26 zu 24 Fällen der Recallgruppe ist zwar nicht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Studien aus Toronto und Heidelberg, jedoch waren im behandelten Patientengut die Zähne des Oberkiefers ebenfalls häufiger von Perforationen betroffen. Allerdings berichteten auch Kvinnsland et al. (1989) von einem vermehrten Auftreten von Perforationen in der Maxilla (73 %). Auffällig war die Verteilung der einzelnen Zahngruppen. In beiden Kiefern traten in der vorliegenden

Studie die meisten Perforationen an Molaren auf. Der Unterschied innerhalb der Gruppe der Frontzähne im Oberkiefer im Vergleich zum Unterkiefer war groß (mehr als doppelt so viele behandelte OK-Frontzähne wie UK-Frontzähne). Nach Kvinnsland et al. (1989) wurde in dieser Zahngruppe häufig die Wurzelinklination nach palatinal vom Behandler unterschätzt und es kam daher bei Trepanation und Kanaleingangssuche zur Perforation. Canini bildeten mit lediglich 5 Fällen die am wenigsten vertretene Zahngruppe. Der geringe Anteil behandelter Canini kann unter Umständen durch das seltenere Auftreten von Karies in diesem Bereich begründet werden.

Der Vergleich der Zahngruppen zu den Studien aus Heidelberg und Toronto kann nur gröber gezogen werden, da diese Studien die Zahngruppen lediglich in Front- und Seitenzähne und nach Wurzelanzahl eingeteilt hatten (Mente et al. 2010, Farzaneh et al. 2004a). In der Recallgruppe der vorliegenden Studie waren 11 Front- und 39 Seitenzähne vertreten, eine vergleichbare Verteilung wie in der Toronto-Studie. Die Heidelberg-Studie zeigte eine ausgewogenere Verteilung mit 10 Front- und 11 Seitenzähnen, was jedoch hinsichtlich der kleinen Fallzahl geringe Aussagekraft hat. 16 Zähne der Recallgruppe waren einwurzelig, die übrigen 34 hatten zwei oder mehr Wurzeln. Die Toronto-Studie zeigte eine ähnliche Verteilung, in Heidelberg waren mehr einwurzelige Zähne vertreten.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Erfolg der Perforationsbehandlung **weder vom Zahntyp noch von der Wurzelzahl** abhängig war.

Somit wird die Nullhypothese #3 **angenommen**.

6.2.4 Faktor „radiologische Ausgangssituation“

Über die röntgenologische Ausgangssituation wird in den zur Diskussion herangezogenen Untersuchungen nicht so detailliert berichtet wie in der vorliegenden Arbeit. Diese beschränkten sich zumeist auf die periapikale Situation mit Erfassen von Läsionen endodontischen Ursprungs, in der Heidelberger Studie ebenso wie in der vorliegenden Studie mit dem Erfassen des PAI, in Toronto wurde der Durchmesser der Aufhellung bzw. Läsion im Bereich der Wurzelspitze in Millimetern angegeben. Die vorliegende Studie erfasste weitere röntgenologische Parameter, da Faktoren wie Karies oder Qualität der Wurzelfüllung und

Restauration als wichtig für die Langzeitprognose angesehen wurden.

Die periapikale Ausgangssituation

Periapikale Läsionen im Ausgangsbefund haben einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis endodontischer Behandlungen (Friedman, 1998).

Nicht nur kurz im Anschluss an die Behandlung durchgeführte Nachuntersuchungen wiesen schlechtere Resultate auf, sondern auch in Langzeitkontrollen schnitten solche Zähne schlechter ab. Diese Beobachtung wird in anderen Veröffentlichungen unterstützt (Sjogren et al., 1990). Dieser Unterschied fiel bei Revisionsbehandlungen auf, wo über 96% der apikal unauffälligen Zähne erfolgreich therapiert werden konnten, allerdings die Erfolgsquote in Fällen mit einer vorhandenen Läsion endodontischen Ursprungs bei orthograden Revisionen lediglich bei 62% lag (Sjogren et al., 1990). Ørstavik et al. teilten die Zähne nach dem PAI-Ausgangsbefund in „NAP“ (keine vorhandene apikale Läsion, PAI 0-2) und „CAP“ (chronischen apikalen Parodontitis; PAI 3-5) ein (Ørstavik et al., 2004). In der vorliegenden Untersuchung wiesen 44,9 % der Zähne (n=22) im Ausgangsbefund einen PAI Score 3-5 auf. Die Erfolgsquote lag bei diesen Fällen bei 90 %. In insgesamt 5 dieser Fälle mussten die Therapie als Misserfolg gewertet werden. Ein Fall wurde als Misserfolg klassifiziert, wenn der PAI-Score im Rahmen des Recalls die Werte 3 bis 5 erhielt, sich der Zahn klinisch auffällig verhielt oder eine Extraktion vorgenommen wurde. Der präoperative PAI-Score zeigte entgegen Angaben aus der Literatur keinen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg.

Anzumerken ist, dass es sich bei einer Röntgenaufnahme um eine rein zweidimensionale Abbildung eines dreidimensionalen Prozesses handelt. Osteolytische Prozesse, die sich unter einer massiven Kortikalis abspielen, werden nicht dargestellt, sondern von dieser überlagert (Ricucci and Bergenholtz, 2003, van der Stelt, 1985, Bender, 1982). Ebenso wenig ist es möglich, Osteolysen in der bukkalen oder oralen Region abzubilden. Dies ist auch exemplarisch im Behandlungsfall 5 gezeigt. Hier war röntgenologisch kein Defekt zu sehen, erst der Einbruch des Attachmentlevels mit erhöhter Sondierungstiefe gab einen Hinweis auf einen osteolytischen Prozess, der dann im Rahmen einer Flap-OP bestätigt wurde. Die konventionelle Röntgentechnik hat eine limitierte Aussagekraft, einen

gesunden Periapex zu diagnostizieren (Wu et al., 2009). Für eine genauere Erfassung des Vorhandenseins und der Ausdehnung eines solchen Prozesses bedarf es einer dreidimensionalen Darstellung. Diese Möglichkeit ist seit der Einführung der digitalen Volutomographie (DVT) hochauflösend möglich. Verglichen mit der klassischen Computertomographie (CT) ist die Strahlenbelastung hierbei vergleichsweise gering. Das DVT konnte in vielen Fällen periapikale Läsionen detektieren, in denen keine periapikale Radioluzenz in Röntgenaufnahmen zu sehen war (Vandenberghe et al., 2008). Wu et al. (2009) erklärten, dass Estrela et al. in ihrer Studie (2008) apikale Parodontitis in 35% ihrer behandelten Fälle konventionell röntgenologisch nachweisen konnten, durch Visualisierung mittels DVTs waren es sogar 63% der Fälle. Daraus schlossen Wu et al., dass in menschlichen Zähnen die Erfolgsrate mit Hilfe des DVTs ungefähr 30% geringer ausfallen würden, als wenn diese Fälle mit konventioneller Röntgentechnik dargestellt würde. Die komplette Regeneration einer zuvor vorhandenen periapikalen Radioluzenz auf einem Röntgenbild könne keinen gesunden Periapex garantieren.

Außerdem ist zu diskutieren, ob es sich bei einer Aufhellung im Röntgenbild immer um einen entzündlichen Prozess handelt oder ob hier auch nicht-entzündliches Narbengewebe („periapical scar“) dargestellt wird. Die Inzidenz einer narbigen periapikalen Ausheilung nach nicht-chirurgischer Wurzelkanalbehandlung ist allerdings gering (Love and Firth, 2009, Bhaskar, 1966). Love & Firth führten Wurzelspitzenresektionen an 100 endodontisch behandelten Zähnen mit röntgenologisch bestehenden perapikalen Läsionen durch. Die Inzidenz für periapikale Granulome betrug 77 %, für Zysten 18 %, für Abszesse 3 % und Narbengewebe 2 %.

Auch das DVT kann nicht zwischen Narbengewebe und entzündlichen Granulomen unterscheiden. In einer Studie von Velvart et al. (2001) wurden 78 DVT-befundete humane periapikale Läsionen als wahre periapikale Läsionen während apikalen chirurgischen Eingriffen bestätigt. De Paula-Silva et al. bestätigten 2009 in einer Studie an Hunden, dass im DVT erkannte periapikale Läsionen zu 100% histologisch nachweisbar waren, wobei es sich in allen Fällen um echte entzündliche Läsionen handelte (de Paula-Silva et al., 2009).

Die Größenabnahme einer röntgenologisch erkennbaren Läsion wurde immer als Zeichen der Heilung gewertet und daher auch als radiologisches Kriterium einer

erfolgreichen Behandlung herangezogen (Lewsey et al., 2001, Ng et al., 2007). Paula-Silva et al. berichteten von 30 Fällen an Hunden, deren periapikale Radioluzenz röntgenologisch als abnehmend diagnostiziert wurden (2009). 24 dieser Fälle (80 %) wiesen jedoch im DVT vergrößerte Läsionen auf. Es wurde bestätigt, dass die Ausbreitung der Läsionen (oft nach lingual), die sich unter einer Kortikalis befinden, nur mit Hilfe des DVTs und volumetrischer Messungen korrekt erkannt werden können. Die röntgenologische Diagnose einer verkleinerten periapikalen Radioluzenz garantiert somit nicht den Beginn oder das Fortschreiten eines Heilungsprozesses. Mit neuen hochauflösenden digitalen Zahnfilmen kann das Auffinden einer periapikalen Aufhellung eventuell verbessert werden, doch bleibt das Bild zweidimensional (Wu et al., 2009). Wann immer der jeweilige Behandler in den Fällen der vorliegenden Studie eine Indikation für ein DVT sah, wurde eines angefertigt und in die röntgenologische Auswertung (Beurteilung des PAI) mit einbezogen. Auch für den Behandler war es bei jeder endodontischen Behandlung wichtig, den Patienten darüber aufklären zu können, welche Erfolgsprognose der zu behandelnde Zahn erwarten ließ und für sich selbst die Schwierigkeiten einschätzen zu können, die ihn während der Behandlung erwarteten. Das war in manchen Fällen nur mit einem DVT gewährleistet.

Sicher haben Studien, die für jeden Fall von der Ausgangssituation und im Rahmen der Nachuntersuchung ein DVT anfertigen, eine höhere Aussagekraft. Allerdings ist es sicherlich angesichts des erhöhten finanziellen Aufwands und im Sinne des Strahlenschutzes schwierig, eine solche Studie durchzuführen, da selbst ein DVT nur eines begrenzten Bereiches eine höhere Strahlenbelastung als ein digitaler Zahnfilm aufweist. Außerdem steht aufgrund der hohen Anschaffungskosten selten ein DVT-Gerät zur Verfügung. Es ist aber durchaus denkbar, dass die Erfolgsrate dieser Studie mit DVT-Aufnahmen aller Fälle geringer ausgefallen wäre.

Longitudinale Studien ergaben aber, dass ein mit konventioneller Röntgentechnik befundeter Erfolg eine hohe prognostische Validität aufwies (Fristad et al., 2004, Mead et al., 2005), was andeutete, dass der Erfolg nicht unbedingt die komplette röntgenologische Auflösung voraussetzt. Wu et al. (2009) schlugen die Diskussion vor, ob eine Therapie aller asymptomatischen endodontisch behandelten apikalen Parodontitiden notwendig sei und der Ersatz periapikaler konventioneller Röntgentechnik durch das DVT in der Klinik erfolgen sollte.

Die Ausgangssituation an der Perforation

Da Ørstavik et al. in ihrer PAI-Klassifikation durchgehend vom apikalen Bereich der Wurzel sprachen, sich diese Studie aber mit Perforationsbehandlungen beschäftigte, in der der Bereich um den Perforationsdefekt oft entzündet war und daher entsprechende Osteolysen erkennbar waren, war diese Klassifikation allein hier nicht ausreichend (Ørstavik et al., 1986). Um den Verlauf der endodontischen Läsion an der Perforationsstelle zu erfassen, wurde im Rahmen dieser Studie ein neuer Index eingeführt, der so genannte Wurzelperforations-Index („Root Perforation Index“, kurz RPI), der analog zur Klassifikation des PAI in fünf Stufen unterteilt wurde.

Auffällig bei der Auswertung war, dass die PAI- und RPI-Werte selten übereinstimmten und es daher durchaus Sinn macht, den RPI-Score auch bei weiteren Studien, die sich mit diesem Thema befassen, anzuwenden. Eigentlich würde man durchaus erwarten, dass ein hoher RPI-Score zu einer ungünstigeren Prognose führen würde. In der vorliegenden Studie zeigte der RPI allerdings keinen signifikanten Einfluss auf den Erfolg.

Qualität der Wurzelkanalfüllung und der koronalen Restauration

Die prä-operativen Befunde zur Qualität der Wurzelkanalfüllung ergaben keinen signifikanten Einfluss auf den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung sowie der Perforationsdeckung. Die Länge der Wurzelkanalfüllung war ebenso unerheblich für den Behandlungserfolg wie die Homogenität oder der Root filling-Score nach Molander et al. (2007). Allerdings zeigte der röntgenologische koronale Status einen signifikanten Einfluss auf das postoperative Ergebnis.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Faktor „radiologische Ausgangssituation“ **einen Einflussfaktor** für den Erfolg der Perforationsbehandlung darstellt. Somit wird die Nullhypothese #4 **verworfen**.

6.2.5 Faktor „Perforation“

Der Literatur zufolge hängt die Prognose für Perforationsbehandlungen davon ab, wie groß der zeitliche Abstand zwischen Auftreten und Versorgung der Perforation ist, ausserdem spielen Größe und Lage der Perforation eine entscheidende Rolle (Fuss & Trope, 1996). Das Niveau der Perforation in Bezug auf den epithelialen Ansatz sowie den Knochenkamm stellt vermutlich den wichtigsten prognostischen Faktor dar. Je näher die Perforation an dieser kritischen Zone liegt, desto schlechter ist die Prognose wegen der Sukzeptibilität der Perforation für eine Kontamination mit Bakterien der Mundhöhle (Clauder, 2009) (siehe auch Tab. 1). In der vorliegenden Studie aber zeigte die Höhe der Perforation ebenso wie in der Studie von Mente et al. (2010) keinen statistisch signifikanten Unterschied hinsichtlich der Behandlungserfolgs. Auch die Größe der Perforation war in der vorliegenden Studie im Gegensatz zur o.g. Studie aus Heidelberg nicht relevant für das Ergebnis. Die Faktoren Perforationstyp, Perforationsursache, erfolgtes Repair, Dauer der Perforation spielten wie die medikamentöse Einlage keine Rolle für den Behandlungserfolg in der vorliegenden Studie. Möglicherweise waren all diese Parameter in der vorliegenden Studie nicht relevant, da die Behandlungen ausschließlich von spezialisierten, erfahrenen Behandlern mit mehrjähriger postgraduierten Ausbildung und unter optimalen Arbeitsbedingungen unter konsequenter Verwendung eines Operationsmikroskops durchgeführt wurden. Es scheint also möglich zu sein, selbst komplizierte Perforationen mit langer Verweildauer und damit hoher Kontamination erfolgreich zu behandeln.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Erfolg der Perforationsbehandlung **nicht** abhängig vom prä-operativen Faktor „Perforation“ war.

Somit wird die Nullhypothese #5 **angenommen**.

6.2.6 Faktor „Therapie der Perforation“

Im Folgenden werden nun die einzelnen Behandlungsgruppen der ausschließlich konservativ sowie die kombiniert konservativ-chirurgisch therapierten Fälle mit vergleichbaren Untersuchungen und deren Ergebnissen diskutiert und bewertet. Die OP hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis (Fisher's Exact-Test: $p=0,103$).

Die nicht-chirurgische Therapie

Die Erfolgsquote der nicht-chirurgisch endodontisch behandelten Patienten lag bei 91,1 %. Die medikamentöse Einlage sowie das eingesetzte Verschlussmaterial hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Im Vergleich zur Studie von Mente et al. (2010), die von einer Erfolgsquote von 86% berichteten, ist die Erfolgsrate der vorliegenden Studie als sehr hoch anzusehen. In der Heidelberger Studie wurde die endodontische Behandlung von Zahnärzten ohne Spezialisierung (52 %), von Zahnmedizinstudenten unter Aufsicht (29 %) und von Zahnärzten durchgeführt, die „sich seit mindestens 3 Jahren auf das Gebiet der Endodontologie konzentrieren“ (19 %). Die Perforationsdeckung mit MTA erfolgte, wenn im Studentenkurs durchgeführt, durch „Zahnärzte mit endodontologischer Erfahrung“ mit Hilfe des Operationsmikroskops. Die höhere Erfolgsrate könnte somit durch den erhöhten Grad an Expertise der Behandler der vorliegenden Studie erklärt werden.

Die bei der Perforation vorliegende Verbindung zwischen Kanalsystem und Knochen respektive Mundhöhle muss davor aber dicht verschlossen werden. Entscheidend dabei ist die Wahl des Materials.

MTA scheint nach der Literatur anderen Materialien bei der Reparatur von Perforationen überlegen zu sein (Lee et al., 1993, Pitt Ford et al., 1995). MTA hat eine hohe Biokompatibilität, fördert die Regeneration von Zement und erleichtert so die Regeneration des Parodonts (Pitt Ford et al., 1995). So berichteten Pitt Ford et al. von einer kontinuierlichen Hartgewebsanlagerung an MTA-Überschüssen bei der Perforationsdeckung. Auch im Rahmen der vorliegenden Studie konnte belegt werden, dass das Verschluss-Material für den Erfolg der Perforationsdeckung einen signifikanten Einfluss hatte. MTA hat dabei auch in dieser Studie statistisch

reproduzierbar am besten funktioniert. Allerdings kommt hier zum Tragen, dass die anderen Verschlussmaterialien teilweise nur sehr kleine Gruppenstärken aufwiesen. Als Folge dessen kam es bei einem Misserfolg in einer solchen Gruppe auch zu einem starken Einfluss auf das Ergebnis für dieses Material. Insofern sollten diese Werte vorsichtig interpretiert werden, wenngleich sie eine eindeutige Tendenz darstellen. Es ist ferner auch zu beachten, dass MTA ein eingeschränktes Anwendungsgebiet hat. Im sichtbaren Bereich und einer supragingivalen Perforation stellt Komposit das Material der Wahl dar.

Kombinierte endodontisch-chirurgische Therapie

Die Erfolgsrate in der vorliegenden Studie für die kombiniert konservativ-chirurgische Gruppe lag nur bei 60 %. Somit zeigte sich kein signifikanter Unterschied gegenüber der rein konservativen, nicht-chirurgischen Therapie. In der Heidelberger Studie (Mente et al., 2010) wurde rein konservativ endodontologisch vorgegangen, so dass daher kein Vergleich möglich ist. Fallpräsentationen berichten hier teilweise von Erfolgen (Altundasar & Demir, 2009).

Es ist zu erwähnen, dass die Fallzahl für operativ versorgte Patienten nur bei n=5 liegt, daher ist es schwierig, diese Aussage für statistisch aussagekräftig zu halten. Ausserdem wurden nur jene Patienten operativ versorgt, bei denen ein rein konservatives Vorgehen nicht ausreichte oder schon versagt hatte, es handelte sich daher meistens um die letzte Therapieoption vor Extraktion. Lediglich in einem Fall wurde ein operatives Vorgehen einem rein konservativem vorgezogen, um eine relativ neu angefertigte Krone zu schonen. Es kann konstatiert werden, dass hier das Indikationsgebiet eng zu stecken ist und immer abgewogen werden muss, ob eine Extraktion und Implantation nicht doch sinnvoller erscheint, als einen Erhaltungsversuch bei einem Zahn mit sehr ungünstiger Prognose mit einer aufwendigen Operation zu unternehmen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Erfolg der Perforationsbehandlung **keine** Abhängigkeit vom Faktor "Therapie der Perforation" zeigte.

Somit wird die Nullhypothese #6 **angenommen**.

6.2.7 Faktor „Recall-Befunde“

Die Recallrate

Apt et al. (1975) stellten fest, dass die Resultate einer Nachuntersuchung Allgemeingültigkeit besitzen, wenn sie eine Recallrate von über 50 % aufwiesen. Somit können die statistisch ermittelten Ergebnisse dieser Untersuchung zu einem Vergleich im Rahmen einer Diskussion mit anderen Veröffentlichungen herangezogen werden. Die erzielte Recallrate bezogen auf die Anzahl der untersuchten Zähne lag bei 71,02 %. Ursache dafür, dass die in der durchgeführten Studie erzielte Recallrate nicht höher lag, ist die Tatsache, dass unter den Fällen viele überregionale und nur zur endodontischen Behandlung überwiesene Patienten behandelt wurden. Die Auswertung des Heilungsverlaufs bedingte außerdem die Mitarbeit der Überweiser bei der Anfertigung von Kontrollröntgenbildern. Alle Patienten wurden im Rahmen der vorliegenden Studie postalisch oder per Email angeschrieben oder gegebenenfalls angerufen. Einige Patienten waren zeitlich zu sehr eingespannt, um an der Studie teilzunehmen, bei anderen fehlte es an Interesse. Marga Ree, eine der teilnehmenden Spezialisten für Endodontie, schrieb, dass viele ihrer Patienten kein weiteres Interesse an den Recall-Terminen zeigten, wenn sie keine Beschwerden mehr hätten. Ørstavik et al. (2004) verglichen die Charakteristika von Patienten, die zum Recall erschienen, und solche, die es nicht taten. Dabei beobachteten sie im Gegensatz zu unserer Einschätzung, dass die Patienten, die nicht erschienen, mehr Symptome zeigten und die Behandlung als Misserfolg werteten, als jene, die zur Nachuntersuchung kamen. Wu et al. (2009) konstatierten daher, dass die Erfolgsrate von Studien mit geringer Recall-Rate überbewertet würde.

Von 63 klinischen Studien gaben nur 39 eine Recall-Rate an (Ng et al., 2007). Die mittlere Recall Rate lag bei 52,7 %, die niedrigste bei 11 %.

Nach Friedman (2002) sind die Ergebnisse einer Studie nicht gültig, wenn ein Großteil der Kohorte nicht in den Recall miteinbezogen würde.

Wu et al. erörtern noch einen interessanten Aspekt: Sie beobachteten, dass mit der Zeit die Erfolgsrate stieg, die Recall-Rate hingegen sank. Ferner merkten sie an, dass in der Studie von Ørstavik (1996) die Recall-Rate nach einem Jahr von

71% bis 33% nach vier Jahren sank, die Erfolgsrate aber von 44 % auf 82 % stieg (Wu et al., 2009). Diese steigende Erfolgsrate wurde als Beweis für eine graduelle periapikale Heilung gewertet (Endodontology, 2006). Wu et al. (2009) merkten aber auch an, dass man diese Steigerung der Erfolgsrate womöglich auch anders deuten könne: eine steigende Zahl an Patienten mit ungünstigem Behandlungsergebnis könnten der Studie ferngeblieben sein. Wenn dem so wäre, wäre ein vierjähriger Recallzeitraum (Endodontology, 2006) unnötig. Nach Ørstavik (1996) hätten mehr als 88 % der Wurzeln, die nach vier Jahren eine reduzierte periapikale Radioluzenz zeigten, dieses günstige Behandlungsergebnis bereits nach einem Jahr im Recall aufgewiesen. Wu & Wesselink (2005) forderten, Fälle mit einer über ein Jahr bestehenden unveränderten periapikalen Radioluzenz die Behandlung als ineffektiv zu werten und weitere Behandlungsschritte einzuleiten. Allerdings schrieben Wu et al. (2009), dass diese Fälle zusätzlich mit einem DVT bewertet werden sollten.

Recallzeitraum

Um die oben genannte Fehlerquelle zu minimieren, wurde in der vorliegenden Studie der Recallzeitraum sehr breit gesteckt. Der kleinste Recallzeitraum lag bei einem halben Jahr, der längste erstreckte sich über 10 Jahre. So konnte beobachtet werden, dass bereits nach dem geringen Zeitraum von einem halben Jahr bei erfolgreichem Heilungsprozess dieser bereits röntgenologisch deutlich erkennbar war. Bei längeren Recallzeiträumen war durchaus ein gradueller bis deutlicher periapikaler Heilungsprozess sichtbar. In der vorliegenden Studie war es nicht möglich, die Patienten in genauen Zeitabständen einzubestellen, da es sich in den spezialisierten Praxen um Überweiserpraxen handelte und die Patienten oft überregionaler Art waren. So wurde bei mehreren Recalls immer der letzte Recall gewertet und der Fall anhand dessen beurteilt. Zudem muss auch beachtet werden, dass es sich bei der Nachuntersuchung von Perforationsbehandlungen um eine erheblich reduzierte Fallzahl handelt, da solche Behandlungsfälle eher selten überwiesen werden und somit jeder verfügbare Behandlungsfall in diese Studie eingeschlossen wurde. Der Zeitpunkt des Recalls war in der vorliegenden Studie ohne Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Zudem stellten sich Patienten bei

vorliegender Beschwerdefreiheit nicht immer zur Nachuntersuchung vor. In den zum Vergleich herangezogenen Studien wurde der Recall-Zeitpunkt nicht als auf das Ergebnis signifikant erwähnt (Mente et al., 2010, Farzaneh et al., 2004a, Farzaneh et al., 2004b, de Chevigny et al., 2008, Friedman et al., 2003, Wang et al., 2004).

Klinische Befunde

Die Kriterien „Zahnbeweglichkeit“ und „Palpation“ zeigten keinen Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die betroffenen Patienten nur von leichten Palpationsbeschwerden berichteten. Dies wurde nicht als Schmerzempfindung registriert und stellte somit keinen Misserfolg dar. Hingegen zeigten die Kriterien „Perkussion“ und „Schmerzsymptomatik“ im Gegensatz zu den Toronto-Studien (de Chevigny et al., 2008, Wang et al., 2004, Farzaneh et al., 2004a, Farzaneh et al., 2004b, Friedman et al., 2003) und der Heidelberger Studie über Perforationsbehandlungen (Mente et al., 2010) eine eindeutige Korrelation mit dem endodontischen Misserfolg. Auch die Präsenz einer Fistel als chronifizierte Form eines akuten apikalen Abszesses zeigte eine signifikante Abhängigkeit vom endodontischen Misserfolg. Auch wenn in diesen Fällen nicht immer Schmerzen vorhanden waren, so wiesen die klinischen und röntgenologischen Befunde eindeutig auf einen Misserfolg hin.

Röntgenologische Befunde

LRF-Score

Ein weiterer in der Literatur diskutierter Faktor ist die Länge der Wurzelkanalfüllung im Vergleich zum Apex. In den meisten Studien wird der anatomische Apex im Bereich von 0,5 bis 1 mm der auf dem Röntgenbild zu erkennenden Wurzelspitze vermutet und als Idealziel angesehen. Schilder (1974) definierte als optimalen Endpunkt der Wurzelfüllung den Übergang des Dentins des Kanalsystems zum parodontalen Ligament. Dieser Punkt kann bis zu 5 mm vom röntgenologischen Apex entfernt sein.

Die Erfolgsraten unter- und überstopfter Kanalsysteme in der Literatur variieren. Zahlreiche Autoren ermitteln zum Teil deutlich schlechtere Ergebnisse bei Fällen mit überstopften Kanalsystemen (Harty et al., 1970, Jokinen et al., 1978, Kerekes and Tronstad, 1979, Barbakow et al., 1980, Swartz et al., 1983). In der Studie von Sjögren et al. (1990) erzielten Zähne mit einer apikalen Läsion, die bis 2 mm oder weniger vom röntgenologischen Apex entfernt gefüllt wurden, eine Erfolgsquote von 94%. Zu kurz gefüllte Kanalsysteme heilten in 74% aller Fälle aus, überfüllte lediglich in 68% der Fälle. Dabei wurden als Gründe für den Misserfolg die Schädigung periapikalen Gewebes durch den mechanischen Reiz des Wurzelkanalfüllmaterials, das Transportieren von Toxinen aus dem Kanalsystem in das periapikale Gewebe sowie die Fremdkörperwirkung des Sealers angeführt (Yusuf, 1982, Strindberg, 1956, Sjogren et al., 1990). Morse et al. (1983) hingegen kamen zu einem anderen Ergebnis, wobei Zähne, deren Wurzelkanäle zum Apex oder darüber hinaus abgefüllt wurden, besser abschnitten als die mit zu kurzen Wurzelkanalfüllungen. Gerade Zähne mit bei Therapiebeginn nekrotischer Pulpa wiesen laut Chugal et al. (2003) mit kürzeren Wurzelkanalfüllungen eine höhere Misserfolgswahrscheinlichkeit auf. Diese erhöhte sich um 14% pro Millimeter Abstand vom Apex.

Dagegen wurde in einer anderen Studie kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Unter- oder Überfüllung festgestellt (Lin et al., 1992). Dies deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie, wobei in keinem Fall eine Abweichung der Wurzelfüllung zum röntgenologischen Apex über 2 mm vorlag.

Der Status der Wurzelkanalfüllungen unterschied sich vor und nach der Behandlung signifikant. Dies war allerdings zu erwarten gewesen, da viele Perforationen im Rahmen der Wurzelkanalbehandlung erfolgten und somit vor Beginn der Perforationsbehandlung keine Wurzelkanalfüllung erfolgt war. Auch die Länge der Wurzelkanalfüllungen prä- und postoperativ unterschied sich daher signifikant.

RF- und HRF-Score

Die Qualität der im Rahmen der Behandlung durchgeführten Wurzelkanalfüllung zeigte statistisch keinen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg. Fast alle Wurzelkanalfüllungen wiesen Maximalwerte für die Kriterien „RF-Score“ und HRF-

Score“ auf, sodass diese Werte mit dem Behandlungserfolg korrelierten. Allerdings musste dabei beachtet werden, dass die Qualität zwischen sehr gut (selten) und optimal (meistens) beurteilt wurde, so dass sich hier kaum Unterschiede erkennen ließen. Die Qualität der Wurzelkanalfüllung wurde in der vergleichbaren Studie aus Heidelberg nicht untersucht (Mente et al., 2010). In der ersten Untersuchung aus Toronto zur primären Wurzelkanalbehandlung wurden die Fülltechniken laterale Kondensation und vertikale warme Kompaktion mit einander verglichen, die Qualität der Wurzelkanalfüllungen aber nicht im Sinne des RF-Scores ausgewertet (Friedman et al., 2003). Stattdessen wurden sichtbare Blasen, vergleichbar mit dem HRF-Score erfasst, diese waren aber nicht statistisch signifikant. Ebenso wurde das Kriterium "Extrusion von Sealer" in die Auswertung miteinbezogen und war ebenfalls nicht ausschlaggebend für das Ergebnis. In der zweiten Phase der Studie wurde zusätzlich die Länge der Wurzelkanalfüllung also prognostischer Faktor analysiert, der einen Einfluss auf das Behandlungsergebnis hatte (Farzaneh et al., 2004b). Auch andere Studien zeigten, dass eine Extrusion der Wurzelkanalfüllung über den Apex hinaus das Behandlungsergebnis negativ beeinflussen kann (Strindberg, 1956, Engström et al., 1964, Kerekes & Tronstad, 1979). Sicherlich ist die Kombination aus einer optimalen Wurzelkanalfüllung und einem suffizienten Verschluss eine notwendige Voraussetzung für den Erfolg eines Perforationsverschlusses. Da alle Wurzelkanalbehandlungen und -füllungen von Spezialisten durchgeführt wurden, wurde in jedem Fall ein hohes Behandlungsniveau erzielt, so dass keine Beispiele für eine schlecht durchgeführte Behandlung vorlagen. Es ist aber sicherlich nachvollziehbar, dass die Grundlage für das Ausheilen einer Läsion endodontischen Ursprungs immer ein optimales Cleaning and Shaping zur Aufbereitung der Wurzelkanäle und Entfernung der Keime als auch die Wurzelkanalfüllung mit vertikaler Kompaktionstechnik und damit auch die Erfassung lateraler Kanäle, vor allem im apikalen Delta, bleibt. Eine der Toronto-Studien bestätigte ebenfalls, dass die konische Aufbereitung und anschließende vertikale Kompaktion der modifizierten Step-Back-Aufbereitungstechnik und lateraler Kompaktion deutlich überlegen war (Farzaneh et al., 2004b).

Restauration

Die meisten Restaurationen waren völlig intakt, lediglich eine Restauration zeigte einen Spalt. Allerdings wies kein Zahn nachweislich eine Sekundärkaries auf. Zwei Zähne hatten keine Restauration, da hier keine Restauration erforderlich war.

Hier zeigte sich keine statistische Signifikanz. In der zum Vergleich herangezogenen Heidelberger Studie zeigten sich zwar größere Unterschiede im Behandlungserfolg mit den Variablen "Qualität der koronalen Restauration" und "Art der Restauration", jedoch waren diese nicht statistisch signifikant (Mente et al., 2010). In der Toronto-Studie über orthograde Wurzelkanal-Revisionsbehandlungen war die post-operative Restauration in der ersten und zweiten Phase signifikant (Farzaneh et al., 2004a), in der dritten und vierten Phase derselben Studie konnte keine statistische Signifikanz mehr festgestellt werden (de Chevigny et al., 2008).

Es muss erwähnt werden, dass in 98 % der Fälle unserer Studie eine röntgenologisch dichte Restauration vorlag oder keine von Nöten war. Sekundärkaries trat überhaupt nicht auf, was sicher für die Statistik entscheidend ist, da diese einen prognostisch sehr ungünstigen Faktor für den Behandlungserfolg darstellt.

Der röntgenologische koronale Status unterschied sich allerdings im Vorher-Nachher-Vergleich signifikant. Der röntgenologische koronale Status bei Recall zeigte interessanterweise einen signifikanten Einfluss auf den Erfolg. Es traten nur zwei Misserfolge an Zähnen auf, deren Restaurationen keinen koronalen Defekt der Restauration aufwiesen. Im Gegensatz dazu zeigte ein Zahn der Misserfolgsgruppe einen koronalen Spalt. Diese geringe Zahl an beobachteten koronalen Undichtigkeiten spricht dafür, dass die Patienten nach der Behandlung adäquat prothetisch weiterversorgt wurden, was für den Behandlungserfolg genauso wichtig wie die endodontische Versorgung ist.

Im letzten Recall waren alle Zähne restauriert, wovon die Hälfte der Zähne mit einer Krone restauriert war und ein knappes Drittel zusätzlich mit einen Wurzelauflaufstift versorgt wurde. 18 % wurden mit plastischem Material (in allen Fällen mit Composite) verschlossen, zwei Zähne waren in eine Brückenkonstruktion einbezogen (4%). Die Ergebnisse des Recalls zeigen, dass die Art der Restauration, entsprechend der Defektgröße ausgewählt, keinen signifikanten Einfluss auf das Behandlungsergebniss hatte.

PAI- und RPI-Score

Hinsichtlich der postoperativen Befunde ergab sich sowohl für den PAI-Score wie den RP-Index post-operativ ein signifikanter Einfluss auf das Ergebnis. Beide Scores korrelierten, wenn sie ein pathologisches Ergebnis darstellten, mit einem endodontischen Misserfolg. Die ausschließliche Erfassung des PAI-Scores wäre in manchen Fällen röntgenologisch nicht ausreichend gewesen, da diese Zähne zwar periapikal keinerlei röntgenologische Veränderungen aufwiesen, allerdings klinische Beschwerden zeigten. Diese Veränderungen waren, sofern sie mittels der 2D-Darstellung der klassischen Röntgenprojektion abzubilden waren, was nahezu immer gelang, ein eindeutiger Indikator für eine perforationsbedingte Osteolyse oder auch deren Heilung. Somit zeigt sich anhand des RPI-Scores, wie wichtig es ist, zwischen PAI und RPI bei Perforationsbehandlungen zu unterscheiden. Der im Rahmen dieser Studie eingeführte RPI hat also eine Bedeutung für die postoperative Auswertung von Perforationsdeckungen und zeigt sich als richtungsweisend für die Prognose der behandelten Zähne. Auch Mente et al. untersuchten in ihrer Studie den periapikalen Bereich anhand des PAI-Scores und zusätzlich dazu den Bereich um die Perforationsstelle. Es wurde nicht untersucht, ob es eine statistische Signifikanz gab, doch wurden alle Zähne die bei Nachuntersuchung einen $\text{PAI} \geq 3$ oder eine Radioluzenz im Bereich der Perforation aufwiesen der Misserfolgs-Kategorie zugeordnet (Mente et al., 2010).

Der periapikale Status in unserer Studie zeigte außerdem statistisch signifikante Unterschiede der Vorher-Nachher-Daten. Auch der peri-radikuläre/para-radikuläre Status zeigte signifikante Unterschiede. Röntgenologisch ließ sich somit eine eindeutige Heilungstendenz feststellen.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Erfolg der Perforationsbehandlung **eine** Abhängigkeit von verschiedenen Kriterien des Faktors "Recall-Befunde" zeigte.

Somit wird die Nullhypothese #7 **verworfen**.

6.3 Die angewandten Erfolgskriterien

Die Erfolgs- und Misserfolgskriterien, die in der Literatur herangezogen wurden, waren zumeist klinische Beschwerdefreiheit und ein PAI im Recall von 1 oder 2.

Eine histologische Nachuntersuchung liefert zwar die eindeutigsten Ergebnisse über die Resultate einer endodontischen Therapie, ist in vivo aber natürlich nicht durchzuführen. Der PAI von Ørstavik lehnt sich allerdings an histologische Prozesse an (Ørstavik et al., 1986).

Wu et al. (2009) monierten in ihrem Artikel, dass einige Reviews (Ng et al., 2008a, Ng et al., 2007, Ng et al., 2008b, Basmadjian-Charles et al., 2002, Hepworth and Friedman, 1997, Niederman and Theodosopoulou, 2003, Paik et al., 2004, Peterson and Gutmann, 2001, Sathorn et al., 2005) nicht angeführt haben, ob Extraktionen und Revisionen in die Misserfolgskategorie eingestuft wurden. In der hier vorliegenden Studie werden diese Fälle der Misserfolgskategorie zugeordnet.

6.4 Gründe für den Behandlungserfolg

Behandler

Alley et al. (2004) verglichen in einer retrospektiven Studie die Erfolgsraten endodontischer Behandlungen in allgemein Zahnärztlichen Praxen mit denen in auf Endodontie spezialisierten Praxen. Es wurden 350 Fälle vorgestellt, davon wurden 195 von Zahnärzten (Erfolgsrate: 89,7 %) und 155 von Spezialisten (Erfolgsrate: 98,1 %) in Alabama, USA behandelt. Als Erfolg wurden alle Zähne bezeichnet, die nach 5 Jahren noch in situ waren. Dabei kamen sie zu dem Schluss, dass durch Spezialisten durchgeführte endodontische Behandlungen signifikant höhere Behandlungserfolge aufwiesen. Da diese Studie in den USA durchgeführt wurde, ist sie nicht vergleichbar mit der Situation in Deutschland, da sich die Zahnmedizinische Grundausbildung unterscheidet. Ausserdem sind die genannten Erfolgsraten ohnehin in Frage zu stellen, da allein das Verbleiben eines Zahnes im Mund als Erfolg gewertet wurde. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Erfolgsraten sowohl von Spezialisten als auch von allgemein Zahnärztlich tätigen Kollegen deutlich niedriger ausgefallen wären, wenn die Erfolgskriterien hier enger

gesteckt worden wären (z. B. PAI 1-2 im letzten Recall, Symptombfreiheit etc). Schwierig ist der Vergleich von Erfolgsraten endodontischer Therapie von Endodontologen und Zahnärzten oder auch universitärer Betriebe ohnehin, weil oft nur komplexere Fälle oder Revisionsbehandlungen an Endodontologen überwiesen werden (Kostbahn, 2004).

Einfach lösbare Fälle blieben oft in der Hand des Zahnarztes oder Studenten (Ingle et al., 1994). Die Anzahl von Revisionsbehandlungen sei ebenfalls deutlich geringer, was erheblichen Einfluss auf das Gesamtergebnis hätte. Gründe für Misserfolge seien in der Gruppe der Studenten und Allgemein Zahnärzte eher Behandlungsfehler, bei den Spezialisten eher die Fallauswahl selbst.

In der vorliegenden Studie werden aber Perforationsbehandlungen vorgestellt, welche nicht vom unerfahrenen Zahnarzt durchzuführen sind. Ohne Operationsmikroskop ist der Defekt oft nicht darstellbar. Selbst in der Studie von Mente et al. (2010) erfolgte durch alle Behandler, ungeachtet ob Student, Zahnarzt oder Zahnärzte mit endodontischer Erfahrung, die Perforationsdeckung unter Verwendung eines Operationsmikroskops (Mente et al., 2010).

Das Operationsmikroskop ist unabdingbar für eine gute endodontische Therapie, vor allem beim Management von Perforationen (Carr, 1998, Lee et al., 1993, Cohen, 2002) und wird beispielsweise von der American Association of Endodontists im Rahmen der Spezialisierung als Grundvoraussetzung für die Ausbildung gefordert (Selden, 2002). Grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Perforationsdeckung ist sicherlich auch ein hoher Grad an Expertise, der bei allen Behandlern unserer Studie durch mehrjährige Spezialisierung und Erfahrungsreichtum gegeben ist.

Therapiekonzept

Schilder erläuterte 1967 sein endodontisches Konzept. Es basiert auf dem Prinzip der bestmöglichen Elimination von Bakterien und deren Abbauprodukten, bestimmten Aufbereitungsmerkmalen und der Füllung der Kanalsysteme mit erwärmter Guttapercha mit vertikaler Kondensationstechnik (Schilder, 1967). Entsprechend seiner Forderung nach Elimination von Bakterien sowie ihrer Abbauprodukte aus dem Wurzelkanalsystem und Vorgehen unter aseptischen

Bedingungen kam es im Rahmen der endodontischen Therapie zum routinemäßigen Einsatz von Kofferdam und Spüllösungen. Die von den Behandlern verwandten Spüllösungen Natriumhypochlorit (NaOCl) und Wasserstoffperoxid (H_2O_2) werden von zahlreichen Autoren empfohlen (Matsumoto et al., 1987, Sjogren et al., 1997, Sjogren et al., 1990, Lin et al., 1992) und tragen zu einem erfolgreichen Ergebnis bei.

Die von allen Spezialisten benutzte 3 %- 5,25%ige Natriumhypochloritlösung weist eine vergleichbare antibakterielle Wirkung wie die empfohlenen 0,5 %-igen Lösungen auf, zeichnet sich aber durch einen stärker gewebeauflösenden Effekt aus (Baumgartner and Cuenin, 1992). Diese Wirkung kann durch Erwärmen und Ultraschallaktivieren der Spüllösung, wie von unseren Spezialisten routinemäßig durchgeführt, mit einer Reinigung des Kanalsystems (mit allen Seitenkanälen) verbessert werden. Die Nutzung von Ultraschallenergie zur Kanalreinigung und Erleichterung der Desinfektion hat eine lange Geschichte in der Endodontie (Ingle et al., 2008). Der Vergleich zwischen der Effektivität von Handinstrumenten und Ultraschalltechniken wurde in vielen früheren Studien evaluiert (Cunningham and Martin, 1982, Cunningham et al., 1982a, Cunningham et al., 1982b, Martin and Cunningham, 1982a, Martin and Cunningham, 1982b, Martin, 1976). Der Großteil dieser Studien kam zu dem Schluss, dass die mit Ultraschall aktivierte Spüllösung für eine bessere Reinigung des Wurzelkanalsystems sorgt als Spüllösung und manuelles Instrumentieren alleine.

Im Rahmen der Aufbereitung ist mit „*Patency*“ gearbeitet worden. West und Roane (1998) definierten mit diesem Begriff, dass im Rahmen der Aufbereitung das Foramen von Debris gereinigt werden soll, ohne dabei vergrößert oder in seiner Position verlagert zu werden. Dies stelle eine komplette Reinigung und ein anschließendes Füllen des gesamten Kanalsystems sicher.

Zunächst wurde in allen Fällen eine medikamentöse Einlage, meist ein Kalziumhydroxid-Präparat, benutzt, um vor definitivem Perforationsverschluss eine Desinfektion zu erzielen.

Nach Aufbereitung und Reinigung hängt das weitere Vorgehen von der Perforationslokalisation ab.

Befindet sich die Perforation subkrestal bzw. innerhalb eines Wurzelkanales im apikalen oder mittleren Drittel, kann sie direkt mit dem Deckungsmaterial - i.d.R. mit MTA - gefüllt werden. Anschließend wird bei MTA eine medikamentöse Einlage und

ein feuchtes Wattepellet verwendet und in einer zweiten Sitzung nach vollständigem Aushärten die Wurzelkanalfüllung (vertikale Kondensation) durchgeführt. Befindet sich die Perforation weit koronal, kann auch zunächst die Wurzelkanalfüllung erfolgen und die Perforation danach gedeckt werden. Auch hier muss bei Verwendung von MTA eine zweite Sitzung zur Aushärtungskontrolle durchgeführt werden. Anschließend kann die definitive Restauration erfolgen, die meistens durch den Hauszahnarzt hergestellt wurde.

Mittel der Wahl ist heutzutage MTA (Lee et al., 1993, Pitt Ford et al., 1995). MTA hat eine hohe Biokompatibilität, fördert die Regeneration von Zement und erleichtert so die Regeneration des Parodonts (Baumann & Beer, 2007). MTA benötigt beim Aushärten Feuchtigkeit und erreicht so sein optimales Abdichtungsvermögen und seine Endhärte (Torabinejad et al., 1997). MTA gibt es als graues Originalpräparat und als neueres, weißes Präparat zu kaufen, das kein Eisen enthält. Die beiden Materialien scheinen eine ähnlich hohe Biokompatibilität aufzuweisen (Holland et al., 2001), doch scheint das weiße MTA-Präparat laut unserer Behandler im klinischen Einsatz schwieriger zu verarbeiten sein. Es wurde keine oder nur eine kleine Entzündung beobachtet, als MTA als retrogrades Füllmaterial bei Hunden (Torabinejad et al., 1997, Torabinejad et al., 1995) und Affen (Torabinejad et al., 1997) benutzt wurde. Des weiteren haben sich in diesen Studien Zelllinien auf der MTA-Oberfläche gebildet, was zeigt, dass MTA nicht oder nur gering zytotoxisch ist. Das Material zeigte in verschiedenen Studien außerdem, dass es hartgewebsinduzierend wirkt. So berichteten Pitt Ford et al. (1995) von einer kontinuierlichen Hartgewebsanlagerung an MTA-Überschüssen bei der Perforationsdeckung.

6.5 Ausblick

Eine interessante Möglichkeit für die Perforationsbehandlung wurde auch aktuell vorgestellt (Alsanea et al., 2011). Hier wurde an Mäusen versucht zu evaluieren, ob es möglich ist, mit in einer Kollagenmatrix eingebetteten Pulpastammzellen (dental pulp stem cells, DPSC) und dentalem Matrix Protein 1 (DMP1) Dentin zu regenerieren. Wie schon in früheren Studien beschrieben (Murray et al., 2007, Hargreaves et al., 2008, Huang et al., 2008) basieren regenerative endodontische

Techniken auf grundlegenden Gewebsentwicklungsprinzipien und beinhalten eine Trias aus Zellen, Wachstumsfaktoren und Gerüsten (Matrix), die alle für adäquate Geweberegeneration notwendig sind. Alsanea et al. beschrieben, dass MTA zwar für Perforationsbehandlungen momentan das Mittel der Wahl ist, aber nicht degradiert und folglich auch nicht den Ersatz durch natürliche Gewebe zulässt.

Für die Studie wurden Perforationen an 18 Dentinscheiben von frisch extrahierten menschlichen Molaren simuliert. Diese wurden in sechs Gruppen eingeteilt: leere Plättchen, Gray Mineral Trioxide Aggregate (*ProRoot*; Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA), Kollagenmatrix, Kollagenmatrix getränkt in DMP1, Kollagenmatrix getränkt in DPSCs sowie Kollagenmatrix getränkt in DMP1 + DPSCs. Jeweils eine Dentinscheibe wurde subkutan in 18 Mäuse platziert. Nach 12 Wochen wurden Proben radiologisch, histologisch und immunohistochemisch ausgewertet. In eine Kollagenmatrix gebettete DPSCs differenzierten sich in der Anwesenheit von DMP1 zu Odontoblasten-ähnlichen Zellen, die eine hoch zelluläre, vaskularisierte und mineralisierte Matrix bildeten. Daraus schlossen Alsanea et al., dass ein Trias aus DPSCs, DMP1, und einer Kollagenmatrix die Dentinregeneration fördert. Dieses muss mit klinischen Studien weiterverfolgt werden und könnte die Perforationstherapie der Zukunft werden. Zu dem jetzigen Zeitpunkt ist auch nach der eigenen Studie jedoch MTA noch immer das Mittel der Wahl.

6.6 Alternativtherapie: Implantatversorgung

In der vorliegenden Studie ergab sich bei einer Fallzahl von 54 Perforationsbehandlungen an 50 behandelten Zähnen eine Erfolgsrate von 90 %. Sicher ist diese Fallzahl zu gering, um hier von einer epidemiologischen Studie sprechen und entsprechende Schlussfolgerungen ziehen zu können. Trotzdem ist es sinnvoll, diese Erfolgsrate mit der Erfolgsrate von Implantaten zu vergleichen, da diese als Behandlungsalternative der ersten Wahl anzusehen ist.

In einer Studie von Bragger et al. (2005) wurde prospektiv über 10 Jahre die Inzidenz von Komplikationen von ITI-Implantaten bei 89 teilbezahnten Patienten mit festsitzender Versorgung beurteilt. Die Erfolgsrate lag bei kronenversorgten Einzelzahnimplantaten bei 90%. Allerdings wurde hier nur der Verlust des Implantates als Misserfolg gewertet. Knochenverlust, Weichgewebekomplikationen

und andere Faktoren wurden nicht mit einbezogen, ebensowenig wie röntgenologische Auffälligkeiten.

Ein weiterer Review befasste sich mit den Komplikationen von Implantaten aus 51 prospektiven Studien mit einem Beobachtungszeitraum von mindestens 5 Jahren (Berglundh et al., 2002). Zu den Komplikationen zählten Implantatverluste, sensorische Beeinträchtigungen, Weichgewebsschäden, Periimplantitiden, Knochenverluste $\geq 2,5$ mm, Implantatfrakturen und technische Komplikationen von Implantatkomponenten und Suprakonstruktionen. Dabei kamen Berglundh et al. zu dem Schluss, dass in etwa 2,5 % aller Implantate vor funktioneller Belastung mit einem Verlust zu rechnen war. Während funktioneller Belastung gingen 2-3 % aller festsitzend versorgten Implantate über einen Zeitraum von 5 Jahren verloren. Von sensorischen Beeinträchtigungen, die über ein Jahr anhielten, berichteten nur 41% der Studien. Diese waren dann entweder nur zu 1-2 % vertreten oder traten überhaupt nicht auf. Die am häufigsten beschriebene Komplikation stellte der Implantatverlust dar (beschrieben in 96-100 % der Studien). Eine kombinierte Misserfolgsrate wurde nicht genannt. Das Auftreten von Komplikationen bei Implantatversorgung ist unter anderem auch entscheidend von dem sogenannten "human factor", also der Technik und der Expertise des behandelnden Chirurgen, abhängig (Albrektsson, 2001). So zeigte Albrektsson, dass bei 1000 gesetzten Implantaten im Jahre 1986 an der Universitätsklinik Göteborg ein einziger Operateur für 40 % der Misserfolge verantwortlich war. Der gleiche Behandler inserierte auch den Großteil der Implantate, welche untragbaren Knochenverlust aufwiesen. Hinzu kam überraschenderweise, dass dieser Behandler weder der unerfahrenste Operateur war, noch die schwierigsten Fälle behandelte.

Verglichen mit der vorliegenden Studie sind die Misserfolgsraten von Implantaten, wie sie in den oben genannten Studien beschrieben wurden, etwas geringer. Zu beachten ist, dass hier die Erfolgskriterien teilweise weit gesteckt wurden.

6.7 Klinische Relevanz

Verschiedene prä- und postoperative Befunde haben sich hinsichtlich der Prognose von optimal versorgten Perforationen als signifikant herausgestellt. Insbesondere solche Befunden, welche die Schmerzsymptomatik bei Perkussion oder Belastung

des betroffenen Zahnes infolge der pathologischen Veränderung (Entzündung) des parodontalen Ligaments ermitteln, kommt eine besondere Bedeutung zu (Beer and Baumann, 2006, Baumann and Beer, 2007). Auch die Entstehung oder Persistenz einer Fistel stellt ein sichtbares Kriterium für einen Misserfolg dar (Bender and Seltzer, 1961).

Neben den klinischen Befunden sind verschiedene Röntgenbefunde dazu geeignet, einen Misserfolg der durchgeführten Perforationsbehandlung korrekt zu diagnostizieren. Ein röntgenologisch sichtbarer Spalt stellte eine Eintrittspforte für Bakterien im Sinne einer koronalen Leakage dar und war ebenso ein signifikantes Merkmal für einen Misserfolg (Torabinejad et al., 1990). Jedoch konnte neben dem bereits bekannten und etablierten PAI-Score (Ørstavik et al., 1986) insbesondere der neu entwickelte RPI-Score zeigen, dass eine hohe Abhängigkeit zwischen dem Auftreten eines endodontischen Misserfolgs und einer pathologischen Veränderung des parodontalen Ligaments im Perforationsbereich besteht. Daher empfiehlt sich dieses neue Bewertungssystem für die Auswertung und Beurteilung von Röntgenbildern von Zähnen mit Perforationen im Rahmen der Behandlung und Nachuntersuchung.

Die in dieser Studie ermittelte Erfolgsrate von 88,9 % ist als extrem hoch anzusehen, da es sich hier um die Behandlung einer der schwerwiegendsten Komplikationen der Endodontie handelt. Sicher sollte die Extraktion und Implantation als Alternative zur Perforationsdeckung immer in Betracht gezogen werden weil die Prognose eines Implantats hinsichtlich des langfristigen Verbleibs im Mund insgesamt als gut einzustufen ist. Sprechen also wichtige Faktoren wie auffällige parodontale Befunde (z.B. Furkationsbefall), große furkale Perforationen oder ähnliche gegen die Perforationsbehandlung, kann sich der Patient zusammen mit dem Behandler auch guten Gewissens für die Extraktion mit anschließender Implantation oder anderer prothetischer Versorgung entscheiden. Wünscht der Patient trotz ungünstiger prognostischer Faktoren dennoch unbedingt den Zahnerhalt und ist sich der möglichen Komplikationen einer endodontischen Revisionsbehandlung mit Perforationsdeckung nach genauer Aufklärung durch den Zahnarzt bewusst, kann auch dieser angegangen werden. Es ist außerdem immer in Betracht zu ziehen, dass es sich bei der Implantation im Vergleich zur orthograden endodontischen Revision um einen chirurgischen Eingriff mit entsprechenden Risiken und vor allem im Frontzahngebiet eventuell

eingeschränkter Rot-Weiß-Ästhetik handelt. Bestimmte Allgemeinerkrankungen können hier eine Kontraindikation darstellen oder zumindest die Prognose des Implantates deutlich einschränken. Außerdem können bei einem chirurgischen Eingriff schwerwiegendere Komplikationen wie Nervenläsionen, Weichgewebskomplikationen und andere Komplikationen auftreten.

7 Zusammenfassung

Problemstellung und Zielsetzung

Die Endodontie stellt einen bedeutenden Bereich der konservierenden Zahnheilkunde dar. Mit dem Erscheinen neuer Materialien und Techniken konnten die Grenzen der Zahnerhaltung verschoben werden. Durch den Einsatz des Operationsmikroskops für die Wurzelkanalbehandlung etwa lassen sich diffizile Behandlungsschritte realisieren.

Die Perforation einer Zahnwurzel, beispielsweise während der Suche von Wurzelkanälen, der Wurzelkanalaufbereitung, der Stiftkanalpräparation oder durch entzündlich-resorptive Prozesse zählt zu den kompliziertesten Situationen in der endodontischen Therapie. Nicht selten werden perforierte Zähne extrahiert.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die retrospektive Untersuchung von Zähnen, die während der Wurzelkanalbehandlung eine Perforation der Zahnwurzel erfuhren und von Spezialisten für Endodontie behandelt wurden. Die Auswertung der Daten beinhaltet verschiedene klinische und röntgenologische Parameter, die einen Einfluss auf den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung haben können.

Material und Methode

Es wurden behandelte Perforationen die in den endodontischen Fachpraxen Dr. Oliver Pontius, Dr. Terrell Pannkuk, Dr. Marga Ree, Dr. Sashi Nallapati, Dr. Raphael Bellamy, Dr. Francesco Maggiore erfolgten, in diese Studie einbezogen. Im Zeitraum von Januar 1998 bis März 2010 wurden insgesamt 69 Patienten (resp. 70 Zähne) zur Deckung einer oder mehrer Perforationen (Summe: 74) endodontisch oder endodontisch-mikrochirurgisch behandelt. Die Behandlung erfolgte ausschließlich durch Spezialisten für Endodontologie mit einer mehrjährigen Weiterbildung unter Zuhilfenahme eines Operationsmikroskopes. Zwei kalibrierte Untersucher beurteilten die klinischen und röntgenologischen Ergebnisse nach 6 bis 116 Monaten (Mittelwert 41 Monate, Recallrate 71,02 %). Prä-, intra- und postoperative Informationen mit Bezug auf potenzielle prognostische Faktoren wurden evaluiert.

Ergebnisse

Von den 54 Perforationen an 50 Zähnen wurden 90 % der behandelten Zähne als geheilt klassifiziert. Von allen analysierten prognostischen Faktoren zeigte nur die radiologische Ausgangssituation einen signifikanten Einfluss auf den Behandlungserfolg. Die Erfolgsrate der vorliegenden Studie war zudem höher als in vergleichbaren Studien.

Schlussfolgerungen

Eine Perforation ist nicht zwingend die Indikation für eine Extraktion des betroffenen Zahnes und kann sehr wohl durch einen Spezialisten für Endodontologie - entsprechendes Equipment und Compliance des Patienten vorausgesetzt - behandelt werden. Dabei beachtet werden müssen aber bestimmte prognostische Faktoren, vor allem die parodontale Situation, um letztendlich zusammen mit dem Patienten zu entscheiden, welcher Therapieweg eingeschlagen wird und ob ein Zahnerhalt möglich und sinnvoll ist.

7 Summary

Background and aim

Endodontic treatment represents a major part of restorative dentistry. New materials and techniques shifted the borders of conservative dentistry. The use of the dental operating microscope for example allows endodontic treatment in difficult situations. Root perforation during the detection of root canals, root canal instrumentation, post preparation, or due to root resorptions represents one of the most challenging situations in endodontic therapy which frequently leads to extraction.

The aim of the present study is the retrospective investigation of teeth that were perforated during endodontic treatment and subsequently treated by endodontic specialists. Evaluation of the data included clinical and radiographic parameters that have a potential influence on the success of endodontic treatment.

Materials and methods

Perforations that were treated by Dr. Oliver Pontius, Dr. Terrell Pannkuk, Dr. Marga Ree, Dr. Sashi Nallapati, Dr. Raphael Bellamy, Dr. Francesco Maggiore were included in the present study. Between January 1998 and March 2010 a total number of 74 perforations in 69 patients (70 teeth respectively) were treated endodontically or in a combined endodontic-microsurgical approach. The treatments were performed exclusively by certified endodontic specialists using the dental operating microscope. Two calibrated observers evaluated the clinical and radiographic results after 6 to 116 months (mean: 41 months, recall rate: 71,02 %). Pre-, intra- und post-op data were investigated with respect to possible prognostic factors.

Results

90 % of 54 perforations in 50 teeth were classified as healed. Regarding the investigated prognostic factors only the preoperative radiographic status had an effect on the endodontic success. However, the success rate of the present study was higher compared to other studies.

Conclusions

A perforation is not necessarily an indication for the extraction of the concerning tooth and can be treated successfully by endodontic specialists if equipment and patients' compliance are adequate. Certain prognostic factors, such as the periodontal situation, have to be evaluated and discussed with the patient prior to the decision in favour or against tooth preservation.

8 Anhang

8.1 Exemplarische Fallvorstellungen - Behandlungserfolge

Behandlungsfall #1	
Geburtsdatum des Patienten: 13.07.1951	Datum Behandlungsbeginn: 06.05.1998
Geschlecht des Patienten : weiblich	Datum Behandlungsende: 15.05.1998
Behandler: Oliver Pontius (O.P.)	Datum des letzten Recall: 06.09.2006

A. Zahn (ISO #): 15

B. Kategorie: Subkrestale laterale Wurzelperforation

C. Zahnmedizinische Anamnese vom 06.05.1998:

Die Patientin war regelmäßig in zahnärztlicher Behandlung gewesen. Die Zähne 16, 15, 14 wurden vor 6 Jahren mit VMK-Kronen versorgt und in diesem Rahmen wurzelkanalbehandelt. Vor 7 Tagen begann der Zahn 15 deutlich empfindlich beim Kauen zu reagieren. Ihr Hauszahnarzt verschrieb ihr Amoxicillin (500 mg, 4 x täglich 1 Tablette). Er überwies die Patientin zur endodontischen Behandlung der Zähne 14 und 15 in die Praxis von Dr. O.P. In der Zwischenzeit entfernte er die alten Restaurationen der Zähne 16, 15, 14 und versorgte diese mit Provisorien.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung:

Zahn 16, 15, 14 mit verblockten Kunststoffprovisorien versorgt. Sondierungstiefen an Zahn 16: Mesial (M) 4 mm, bukkal (B) 3 mm, distal (D) 5 mm, palatinal (P) 3 mm, an Zahn 15: M 3 mm, B 3 mm, D 4 mm, P 3 mm, an Zahn 14: M 4 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 2 mm. Weder eine Furkationsbeteiligung noch eine Lockerung waren feststellbar, allerdings eine Blutung bei Sondierung (16, 15). Eine Schwellung konnte sowohl intra- als auch extraoral palpiert werden, eine Fistelbildung war aber nicht vorhanden.

Durchgeführte Tests:

Zahn	16	15	14
EPT		50/80	
Kälte	+	-	-
Hitze	+	-	-
Palpation	o.B.	o.B.	o.B.
Perkussion	o.B.	+	o.B.

Radiologischer Befund vom 18.04.1998:

Der Desmodontalspalt der Zähne 15 und 14 stellte sich im apikalen Wurzelbereich erweitert dar. Die Wurzelfüllungen an Zahn 14 (Silberstiftfüllungen) und 15 (bis in die Mitte der Wurzel ragender parallelwandiger Wurzelstift) waren unvollständig. Ein Wurzelstift perforierte möglicherweise die Wurzel des Zahnes 15.

RCS- Score 15: 1

LRF-Score 15: 2

HRF-Score 15: 1

RF-Score 15: 3

PAI-Score 15: 2

RPI-Score 15: 2

E. Diagnose:

Pulpal: Endodontisch vorbehandelt

Periradikulär: Akute apikale Parodontitis

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nichtchirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Aufbau, Krone

Prognose: Gut

G. Therapie: Behandlungsdokumentation

06.05.1998:

Nach bukkaler Infiltrationsanästhesie wurden die Provisorien entfernt und ein Kofferdam angelegt. Der Goldkernaufbau wurde bis auf den Wurzelstift mit Hilfe eines Hartmetallschleifkörpers im Rotring-Winkelstück zur maximalen Schonung der Zahnhartsubstanz unter Benutzung des OP-Mikroskops entfernt. Mittels Ultraschall und dem Ruddle Post Removal System (Analytic Endodontics, Sybron Dental Specialties, Inc., Orange, CA, USA) wurde der Wurzelstift zirkulär freigelegt. Mit dem Gewindeschneider wurde ein Gewinde geschnitten und der Wurzelstift mit dem Abziehinstrument unter zusätzlicher Ultraschallenergie schließlich entfernt. Unter dem OP-Mikroskop konnte ein durch den Wurzelstift gesetzter Perforationsdefekt im mittleren Wurzeldrittel nach distal hin erkannt werden. Der Wurzelkanal wurde mit 3% NaOCl-Lösung gespült. Da es sich hierbei um eine alte Perforation handelte, wurde diese mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ und Cavit provisorisch abgedeckt. Die Guttapercha-Wurzelkanalfüllung wurde mit Eukalyptusöl angelöst und mit Hedströmfeilen (#15, #20) entfernt. Der Kanal wurde mit 70% Alkohol gespült und das alte Wurzelfüllmaterial mit Papierspitzen aufgesaugt, bis diese sauber und ohne weiteres Anzeichen etwaiger weiterer erweichter Guttapercha aus dem Kanal entfernt werden konnten. Nach Spülung mit 3% NaOCl wurde der Wurzelkanal mit K-Feilen aus Edelstahl der Größen #10, #12.5, #15, #17.5, K-FlexoFiles #20, #25, #30, NiTiFlex-Handfeilen #35, #40, #50, #60 im Sinne einer Balanced-force-Technik apikal aufbereitet. Die Spülung mit NaOCl erfolgte nach jeder 3. Feile. Die Arbeitslänge wurde elektrisch mit dem Root ZX-Apex-Locator (Morita) und röntgenologisch bestimmt. Der Guttapercha-Stift wurde mit Klemmpassung (tug back) auf Arbeitslänge angepasst, der Kanal mit sterilen Papierspitzen getrocknet und als medikamentöse Einlage $\text{Ca}(\text{OH})_2$ eingebracht. Nach dem Einbringen eines sterilen Pellets und dem Verschluss mit Cavit (3M Espe, Neuss) wurde der Kofferdam entfernt, die provisorischen Kronen rezementiert (IRM, Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) und die Okklusion kontrolliert. Als Schmerzmittel wurde Ibuprofen (400 mg) 4 x täglich für den Bedarfsfall rezeptiert.

06.05.1998:

Ein abendliches Telefonat mit der Patientin ergab, dass sie beschwerdefrei war und keine Schmerzmittel einnehmen musste.

15.05.1998:

Die Patientin war beschwerdefrei. Auf eine Anästhesie konnte verzichtet werden. Nach Entfernung der Provisorien wurde der Kofferdam angelegt und die provisorische Füllung sowie das Pellet entfernt. Nach Spülung mit NaOCl wurde der Kanal mit NiTiFlex-Feile #35 instrumentiert, Ca(OH)_2 entfernt und mit EDTA gespült. Die Gängigkeit des Foramens wurde mit einer K-Feile #10 kontrolliert. Nach nochmaliger Spülung mit NaOCl, gefolgt von 70% Alkohol, wurde der Kanal mit sterilen Papierspitzen getrocknet. Die Obturation des Wurzelkanals erfolgte in vertikaler Kondensationstechnik mit warmer Guttapercha und Kerr Pulp Canal Sealer. Der Downpack endete kurz unterhalb des Perforationsdefektes. Es wurde kein Backpack des Kanals durchgeführt. Anschließend wurden Cavit und Ca(OH)_2 aus dem Perforationsdefekt entfernt. Nach Spülung mit NaOCl 1% wurde eine resorbierbare Kollagenmatrize (Collacote, Calcitec) unter dem Operationsmikroskop in den Perforationsdefekt hinein platziert und nachfolgend MTA mit Hilfe des West Perf Repair Instruments (Analytic Endodontics, Sybron Dental Specialties, Inc., Orange, CA, USA) appliziert. MTA wurde mit einem Chlorhexidin-getränktem Pellet zwecks vollständiger Aushärtung abgedeckt. Nach dem Verschluss mit Cavit (3M Espe, Neuss) wurde der Kofferdam entfernt und die provisorischen Kronen rezementiert (IRM, Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) und die Okklusion kontrolliert. Erneut wurde Ibuprofen als Schmerzmittel rezeptiert. Die Patientin wurde darauf hingewiesen, einen Termin mit dem Hauszahnarzt zur Versorgung der Zähne 14 und 15 mittels gegossener Stiftaufbauten zu vereinbaren.

16.05.1998:

Es folgte ein Telefonat mit dem überweisenden Zahnarzt. Es wurde darauf hingewiesen, das Wattepellet über dem MTA zu entfernen. Es sollte kein weiteres Ausschachten der Kanäle erfolgen, da insbesondere bei Zahn 15 ein Zahnaufbau geplant wurde.

H. Recall:*24.11.1998:*

Die Patientin war beschwerdefrei. Die Zähne 14 bis 16 waren mit metallverstärkten Langzeitprovisorien versorgt. Die Patientin war in präprothetischer und kieferorthopädischer Behandlung gewesen und mittels Multiband in Ober- und Unterkiefer versorgt worden. Der Desmodontalspalt im koronalen Anteil erschien diskret verbreitert (kieferorthopädische Bewegung). Apikal zeichnete sich eine Konsolidierung des zu Behandlungsbeginn deutlich verbreiterten Wurzelhautspaltes ab. Der Desmodontalspalt sowie die Lamina dura waren im Bereich der Perforation unauffällig. Die Sondierungstiefen an Zahn 16 zeigten folgende Werte: M 4 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 3 mm, an Zahn 15: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 3 mm, an Zahn 14: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 2 mm, an Zahn 13: M 2 mm, B 1 mm, D 3 mm, P 2 mm. Keine Furkationsbeteiligung und keine Lockerung feststellbar, keine Blutung beim Sondieren.

*RCS-Score: 1**LRF-Score: 1**HRF-Score: 1**RF-Score: 1**PAI-Score: 2**RPI-Score: 2**13.05.2002:*

Die Patientin war symptomlos. Zahn 16, 15, 14, 13 waren mit VMK-Kronen versorgt (sehr gute Restaurationsränder). Die KFO-Behandlung war abgeschlossen. Es stellte sich ein symmetrischer Desmodontalspalt dar, ebenso eine intakte Lamina dura. Die Sondierungstiefen an Zahn 16 waren: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, B 3 mm, an Zahn 15: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 3 mm, an Zahn 14: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 2 mm, an Zahn 13: M 2 mm, B 1 mm, D 3 mm, P 2 mm. Eine Furkationsbeteiligung oder eine Lockerung waren nicht feststellbar, ebenso keine Blutung bei Sondierung.

*RCS-Score: 1**LRF-Score: 1**HRF-Score: 1**RF-Score: 1**PAI-Score: 1**RPI-Score: 2*

06.09.2006:

Die Patientin war symptomlos. Die Sondierungstiefen an Zahn 16 betrugen: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 3 mm, an Zahn 15: M 2 mm, B 1 mm, D 3 mm, P 2 mm, an Zahn 14: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 2 mm, an Zahn 13: M 2 mm, B 1 mm, D 3 mm, P 2 mm. Furkationsbeteiligung, Lockerung feststellbar oder Blutung bei Sondierung waren erneut nicht feststellbar.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 2

I. Epikrise:

Retrospektiv konnte nicht gesagt werden, ob der Perforationsdefekt ebenfalls zu den akuten Schmerzsymptomen bei der Patientin geführt hatte, objektiv aber lag ein deutlich zu kurz gefülltes und infiziertes Kanalsystem vor.

Im Rahmen der Behandlungsplanung wurde der nichtchirurgischen Revision eindeutig gegenüber einer endochirurgischen Therapie der Vorzug gegeben, da der gegossene Aufbau mit großer Vorhersagbarkeit entfernt werden konnte. Da die Perforation schon seit mehreren Jahren vorlag, konnte davon ausgegangen werden, dass diese infiziert war und wurde daher zunächst medikamentös mit Ca(OH)_2 vorbehandelt (Fuss & Trope, 1996). Basierend auf der Empfehlung von Lemon (1992) wurde eine interne Matrizie aus resorbierbarem Kollagen benutzt, um MTA kontrolliert und ohne große Überschüsse in den Defekt einzubringen. Aufgrund seiner Biokompatibilität sowie des Abdichtungsverhaltens scheint MTA heute das Material der Wahl für Perforationsabdeckungen zu sein (Lee et al., 1993). Die fast 4-jährige Kontrollaufnahme bestätigte die Biokompatibilität dieses Materials.

In dem vorliegenden Behandlungsfall konnte ebenfalls deutlich gemacht werden, dass endodontisch behandelte Zähne problemlos einer umfassenden KFO-Behandlung unterzogen werden können.

J. Röntgenbilder/Fotodokumentation:



Abb. 19: Präoperative Aufnahme vom 18.04.1998 mit insuffizienten Wurzelkanalfüllungen der Zähne 14 und 15 und periapikalen Knochenläsionen.



Abb. 20: Die orthoradiale Darstellung des Zahnes 15 in der präoperativen Aufnahme (18.04.1998) zeigt die bestehende Perforation durch Position des Stifts.

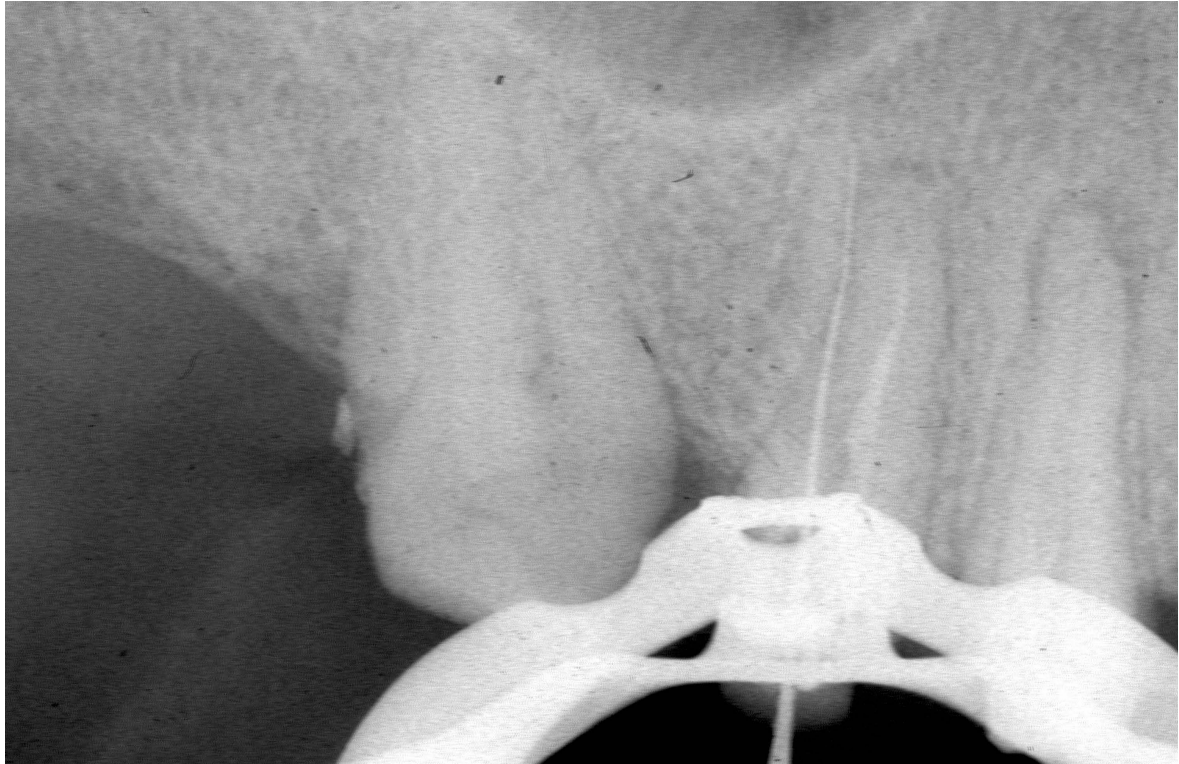


Abb. 21: Röntgenologische Darstellung der Via falsa mittels in die Perforation vorgeschobenem Silberstift nach erfolgter Stiftenentfernung aus Zahn 15 und WF-Revision an Zahn 14 (06.05.1998).



Abb. 22: Röntgenkontrollaufnahme vom 15.05.1998 nach erfolgter Perforationsdeckung und Wurzelkanalfüllung des Zahns 15 sowie Wurzelkanalfüllung Zahn 14.



Abb. 23: Endo-Recall (24.11.1998): Sichtbare Heilung im Bereich der Perforation sowie eine deutliche Heilungstendenz an Zahn 14 bereits 6 Monate post-op.



Abb. 24: Endo-Recall (13.05.2002): Ortho-radiale Darstellung zeigt kaum überstopftes Verschlussmaterial sowie eine vollständige Ausheilung des Parodonts.



Abb. 25: Endo-Recall (06.09.2006): 8 Jahre nach erfolgtem Perforationsverschluss sowie Wurzelkanalfüllungen, Stiftaufbauten und Kronenversorgungen der Zähne 14 und 15 zeigt sich eine vollständige Heilung des Parodonts beider Zähne.

Behandlungsfall #2

Geburtsdatum des Patienten: 19.10.1957	Datum Behandlungsbeginn: 30.09.1999
Geschlecht des Patienten : weiblich	Datum Behandlungsende: 28.10.1999
Behandler: Oliver Pontius (O.P.)	Datum des letzten Recall: 24.09.2008

A. Zahn (ISO #): 46

B. Kategorie: Strip-Perforation

C. Zahnmedizinische Anamnese vom 30.09.1999:

Die Patientin stellte sich in der Praxis Dr. Pontius, nachdem der Zahn 46 durch ihren HZA aufgrund einer irreversiblen Pulpitis endodontisch behandelt werden musste. Diese Behandlung hatte sich über 6 Sitzungen erstreckt, die Patientin war jedoch noch immer nicht beschwerdefrei. Der Zahn war mit einer $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Einlage versorgt.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung 30.09.1999:

Der Zahn 46 war perkussions- und palpationsempfindlich und endodontisch vorbehandelt. Die Sondierungstiefen betrugen: M 2 mm, B 3 mm, D 3 mm, lingual (L) 3 mm.

Durchgeführte Tests:

Zahn	45	46	47
Kälte	-	-	+
Palpation	-	+	-
Perkussion	-	+	-

Radiologischer Befund:

Der endodontisch vorbehandelte Zahn 46 zeigte eine Aufhellung apikal und furkal. Ferner bestand ein Verdacht auf Verblockung und Verlegung des distalen Kanalsystems.

<i>RCS-Score 46: 1</i>	<i>LRF-Score 46: 1</i>	<i>HRF-Score 46: 2</i>
<i>RF-Score 46: 4</i>	<i>PAI-Score 46: 3</i>	<i>RPI-Score 46: 4</i>

E. Diagnose:

Pulpal: Endodontisch vorbehandelt

Periradikulär: Akute apikale Parodontitis

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Aufbau, Krone

Prognose: Gut

G. Therapie: Behandlungsdokumentation

30.09.1999:

Entfernung der alten Wurzelfüllung, Aufbereitung der Kanäle (massiv überempfindliche Foramina) und medikamentöse Einlage (Calciumhydroxid).

28.10.1999:

Wurzelfüllung mit Guttapercha (vertikale Kondensation). Das postoperative Röntgenbild zeigt als Zufallsbefund eine Stripperforation des mesiolingualen Wurzelkanals. Der Fall wurde unter diesem Gesichtspunkt reevaluiert und im Recall beobachtet.

H. Recall:*22.01.2003:*

Die Patientin war symptomfrei. Der Zahn 46 wurde mit einer Krone versorgt. Sondierungstiefen an Zahn 46: M 3 mm, mesiobukkal (MB) 3 mm, B 3 mm, distobukkal (DB) 4 mm, D 3 mm, distolingual (DL) 4 mm, L 4 mm, mesiolingual (ML) 4 mm. Es war weder eine Furkationsbeteiligung noch eine Lockerung oder Blutung bei Sondierung feststellbar. Der Zahn verhielt sich palpations- und perkussionsunempfindlich.

*RCS-Score: 1**LRF-Score: 1**HRF-Score: 1**RF-Score: 1**PAI-Score: 3**RPI-Score: 2**31.07.2007:*

Die Patientin war weiterhin symptomfrei. Sondierungstiefen an Zahn 46: M 3 mm, MB 2 mm, B 3 mm, DB 3 mm, D 3 mm, DL 4 mm, L 3 mm, ML 4 mm. Es war weder eine Furkationsbeteiligung, noch eine Lockerung oder Blutung bei Sondierung feststellbar. Der Zahn verhielt sich palpations- und perkussionsunempfindlich. Eine zunehmende Regeneration des Knochens im Röntgenbild war nachvollziehbar.

*RCS-Score: 1**LRF-Score: 1**HRF-Score: 1**RF-Score: 1**PAI-Score: 2**RPI-Score: 1**24.09.2008:*

Patientin symptomlos. Zahn 46 mit einer Krone versorgt. Sondiertiefen 46 (M 3 mm, MB 2 mm, B 1 mm, DB 3 mm, ML 3 mm, L 1 mm, DL 3 mm, D 3 mm). Keine Furkationsbeteiligung und keine Lockerung feststellbar, keine Blutung beim Sondieren. Palpations- und perkussionsunempfindlich. Vollständige Regeneration der periapikalen Region und Region der Perforation.

*RCS-Score: 1**LRF-Score: 1**HRF-Score: 1**RF-Score: 1**PAI-Score: 2**RPI-Score: 1*

I. Epikrise:

Obwohl die hier vorgestellte Stripperperforation entlang der mesiolingualen Wurzeloberfläche erst nach der Wurzelfüllung auffiel, heilte der knöcherne Defekt komplett aus. Im letzten Röntgenbild war keine Aufhellung um die Perforation herum zu erkennen. Die Patientin ist bis heute symptomfrei.

Die Wurzelkanalfüllung wurde mit vertikaler Kondensationstechnik und Kerr Pulp Canal Sealer (Kerr, Sybron Dental Specialties, Inc., Orange, CA, USA) durchgeführt. Dieser Sealer gilt als biokompatibel. Pertot et al. (1992) untersuchten histologisch Unterkiefer von Hasen nach Implantation von Kerr Root Canal Sealer und Sealite. Die Tiere wurden nach 4 oder 12 Wochen getötet und histologisch nachuntersucht. Die beobachtete Reaktion fiel nach 12 Wochen besser aus als nach 4 Wochen. Beide Sealer wurden für die Verwendung im Rahmen einer endodontischen Therapie empfohlen.

J. Röntgenbilder/Fotodokumentation:



Abb. 26: Präoperative Aufnahme des Zahns 46 (30.09.1999): Röntgenologisch sichtbare knöcherne Läsion im Bereich der Furkation bedingt durch eine Strip-Perforation durch die alio loco durchgeführte Wurzelkanalbehandlung.



Abb. 27: Postoperative Aufnahme (28.10.1999): Zustand nach Revision, Perforationsdeckung und Obturation der Wurzelkanäle.



Abb. 28: Die Kontrollaufnahme bei Endo-Recall vom 22.01.2003 zeigt eine vollständige Ausheilung der knöchernen Läsion.

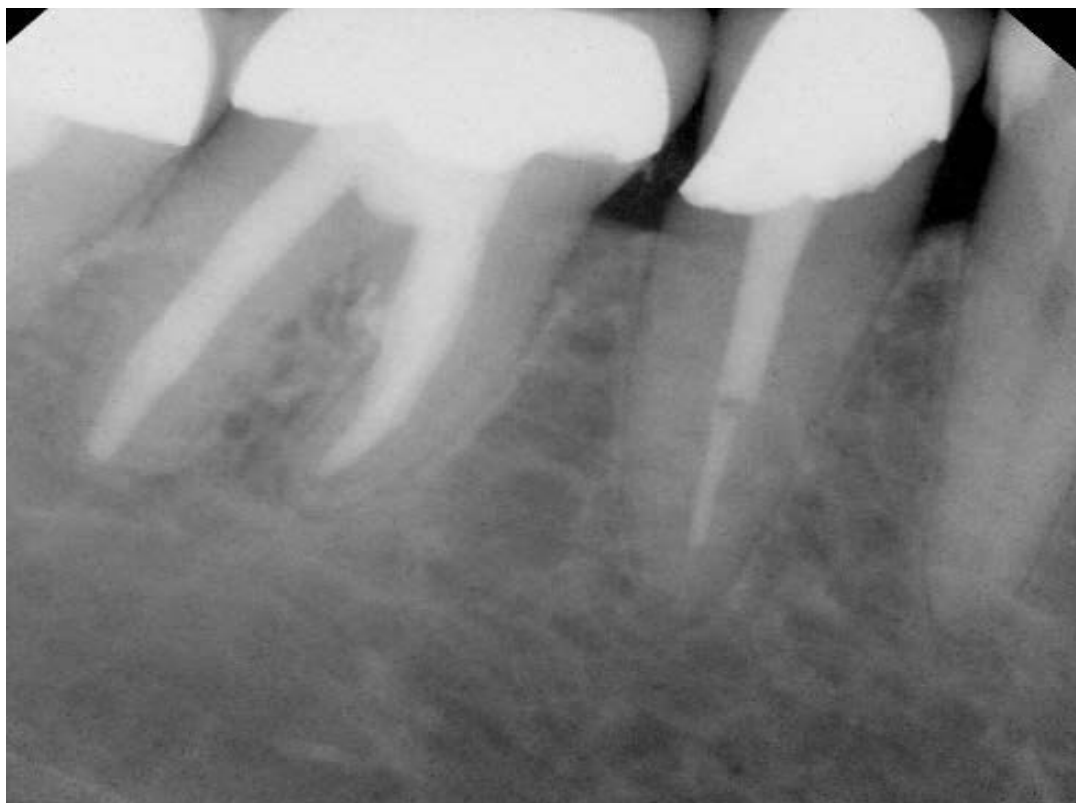


Abb. 29: Die Röntgenkontrolle im Rahmen des Endo-Recalls vom 31.07.2007 zeigt eine vollständige knöcherne Regeneration.



Abb. 30: Der Endo-Recall vom 24.09.2008 zeigt einen dezent durchgezeichneten Parodontalspalt im Bereich der versorgten Perforationsstelle.

Behandlungsfall #3

Geburtsdatum des Patienten: 15.04.1969	Datum Behandlungsbeginn: 12.01.2004
Geschlecht des Patienten : Männlich	Datum Behandlungsende: 27.01.2004
Behandler: Francesco Maggiore (F.M.)	Datum des letzten Recall: 19.02.2009

- A. Zahn (ISO #):** 16 **B. Kategorie:** Perforation der palatinalen Wurzel durch einen Wurzelstift

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Nicht verfügbar.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung vom 12.01.2004:

Die Zähne 15 und 16 waren perkussions- und palpationsempfindlich sowie endodontisch vorbehandelt. Die Sondierungstiefen an Zahn 16 betrugen: M 3 mm, B 2 mm, D 3 mm, P 2 mm, M 3 mm.

Durchgeführte Tests:

Zahn	15	16	17
Kälte	-	-	+
Palpation	++	+	-
Perkussion	++	++	-

Radiologischer Befund vom 12.01.2004:

Die Zähne 15 und 16 waren endodontisch behandelt. Zahn 16 zeigte einen großen schraubenförmigen Wurzelauflaufstift. Im Bereich des Endes dieses Stiftes war eine deutliche Aufhellung zu erkennen. Es bestand ein eindeutiger Verdacht auf eine Perforation. Ferner war eine Aufhellung apikal der palatinalen Wurzel des Zahnes 16 erkennbar.

<i>RCS-Score 46: 1</i>	<i>LRF-Score 46: 1</i>	<i>HRF-Score 46: 1</i>
<i>RF-Score 46: 4</i>	<i>PAI-Score 46: 4</i>	<i>RPI-Score 46: 4</i>

E. Diagnose:

Pulpal: Endodontisch vorbehandelt

Periradikulär: Symptomatische periapikale Läsion

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Aufbau, Krone

Prognose: Gut

G. Therapie: Behandlungsdokumentation

Der Zahn 46 war endodontisch vorbehandelt und mit einem Wurzelstift versorgt, der eine große laterale Perforation der palatinalen Wurzel verursachte. Die Perforation befand sich subkrestal und bestand länger als ein Monat. Die Perforation wurde mit Pro-Root MTA versorgt und der Zahn endodontisch revidiert.

H. Recall:

08.03.2005:

Der Zahn 46 wurde mit einer Krone versorgt. Eine koronale Leakage war nicht zu erkennen. Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig, weder palpations- noch perkussionsempfindlich oder mobil. Es war kein Fistelgang vorhanden. Die Sondierungstiefen an Zahn 46 betrugen: M 4 mm, B 3 mm, D 3 mm, L 3 mm.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 2

19.2.2009:

Der Heilungsverlauf verlief weiterhin unauffällig. Eine koronale Leakage war nicht zu erkennen. Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig, weder palpations- noch perkussionsempfindlich oder mobil. Es war weiterhin kein Fistelgang vorhanden. Die Sondierungstiefen betrugen: M 3 mm, B 2 mm, D 3 mm, L 2 mm.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 2

I. Epikrise:

In diesem Fall lag über Jahre eine große subkrestale Perforation vor. Trotzdem konnte der Zahn gerettet werden. Als positiv ist hier die Perforationslokalisation zu betrachten, da sie sich unterhalb des Knochenkamms befand und daher nicht zwingend mit Bakterien aus der Mundhöhle besiedelt wurde.

Ob ein symptomatischer, zuvor wurzelkanalbehandelter Zahn endodontisch revidiert werden sollte, ist in jedem Fall einzeln abzuwägen. Hier wurde Zahn 15 extrahiert und durch ein Implantat ersetzt, da er sicher schwierig zu restaurieren gewesen wäre (wenig verbliebene Zahnhartsubstanz). Zahn 16 aber war unproblematisch zu restaurieren und wies keine pathologischen parodontalen Befunde auf. Zudem verfügte der behandelnde Zahnarzt über ausreichende Expertise und ein Operationsmikroskop, um eine anspruchsvolle Perforationsdeckung durchzuführen.

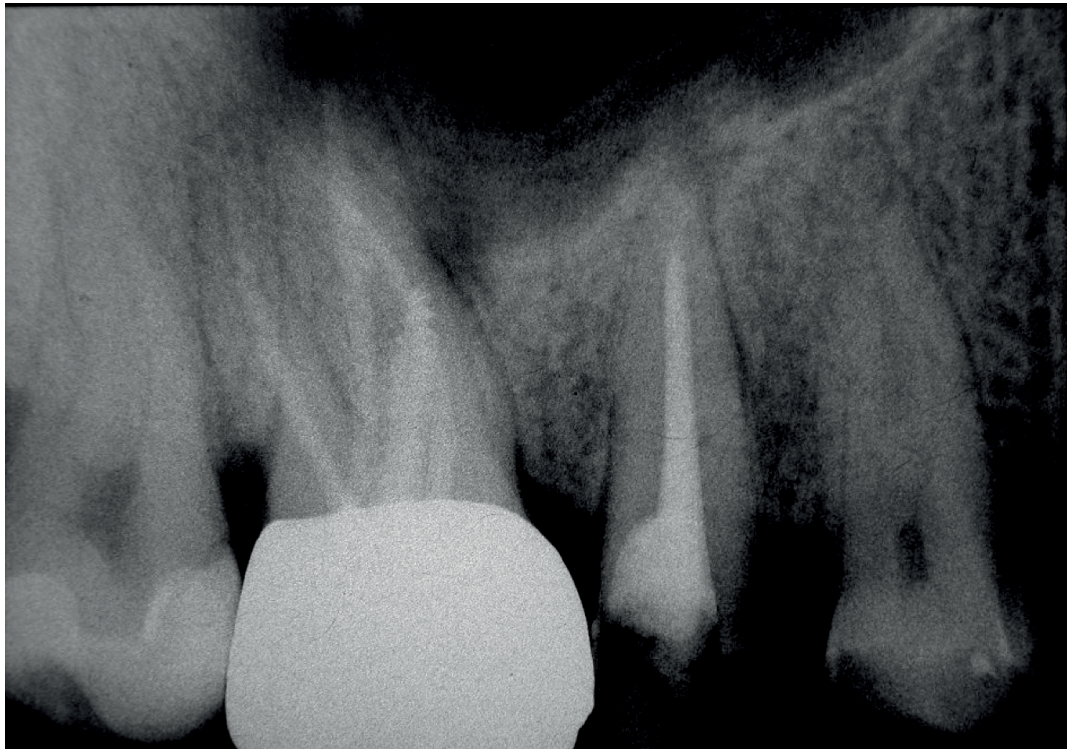
J. Röntgenbilder/Fotodokumentation:

Abb. 31: In der prä-operativen Röntgenaufnahme vom 12.01.2004 war eine ausgedehnte, perforationsbedingte knöcherne Läsion bedingt durch eine Perforation infolge einer inkorrekt durchgeführten Stiftsetzung zu erkennen.

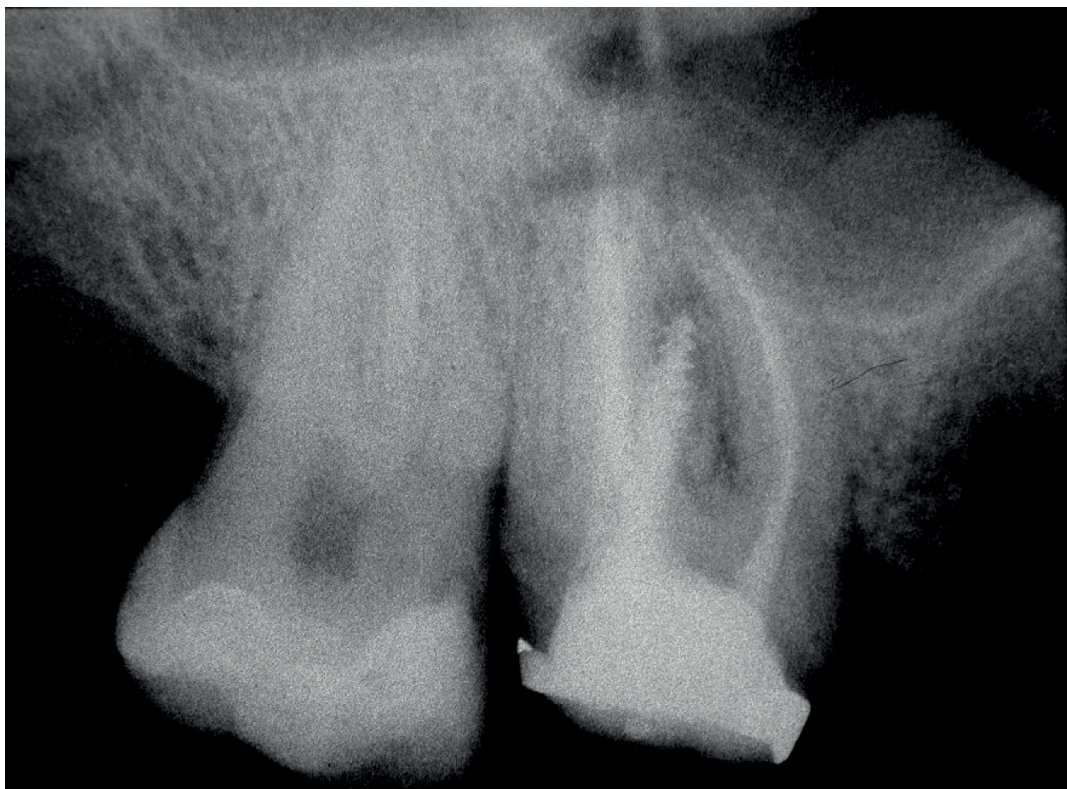


Abb. 32: Zustand nach Abnahme der Krone (12.01.2004).

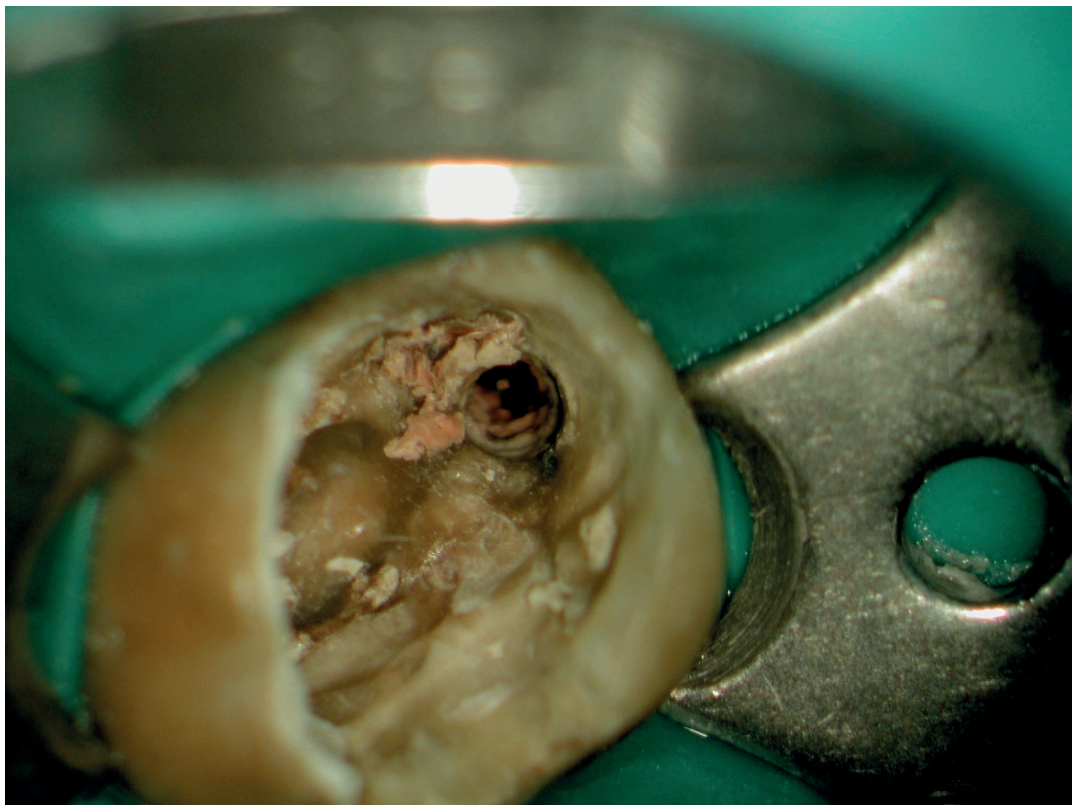


Abb. 33: Die klinische Situation nach Stiftenentfernung (12.01.2004) zeigt einen guten Zugang zum palatinalen Wurzelkanal.

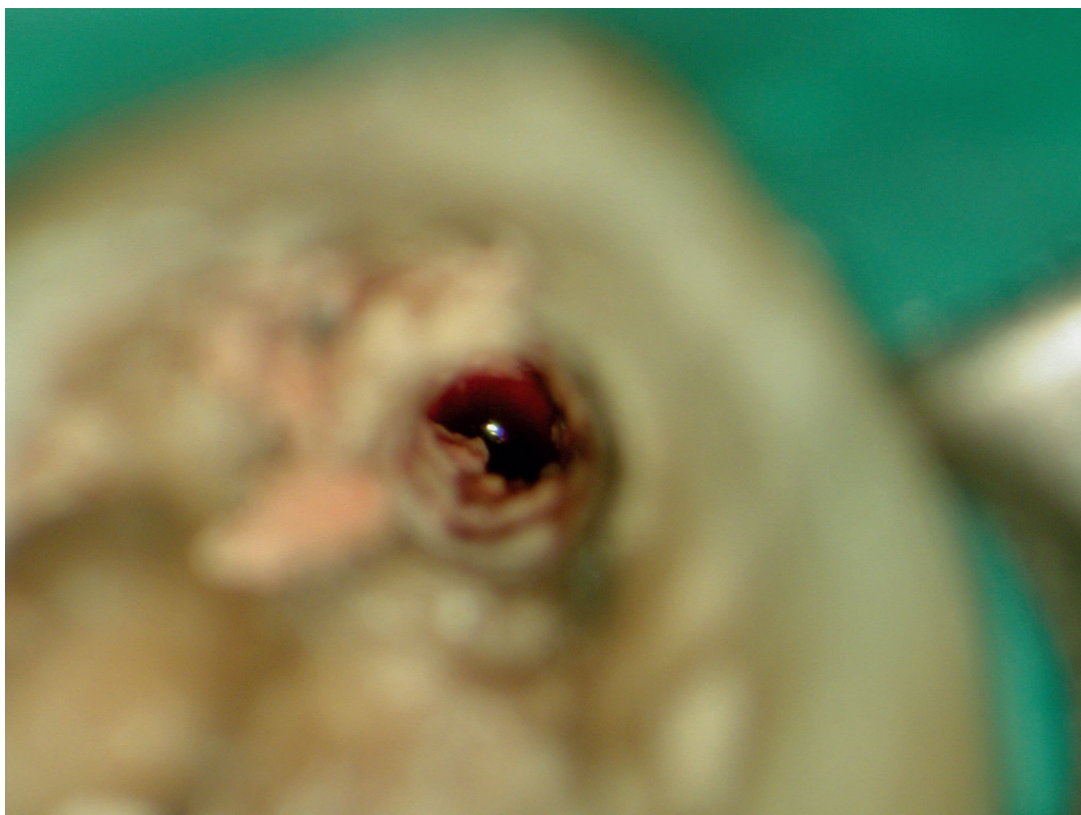


Abb. 34: Blutung aus der Perforationstelle nach Entfernung des Wurzelstiftes und des Befestigungszements (12.01.2004).

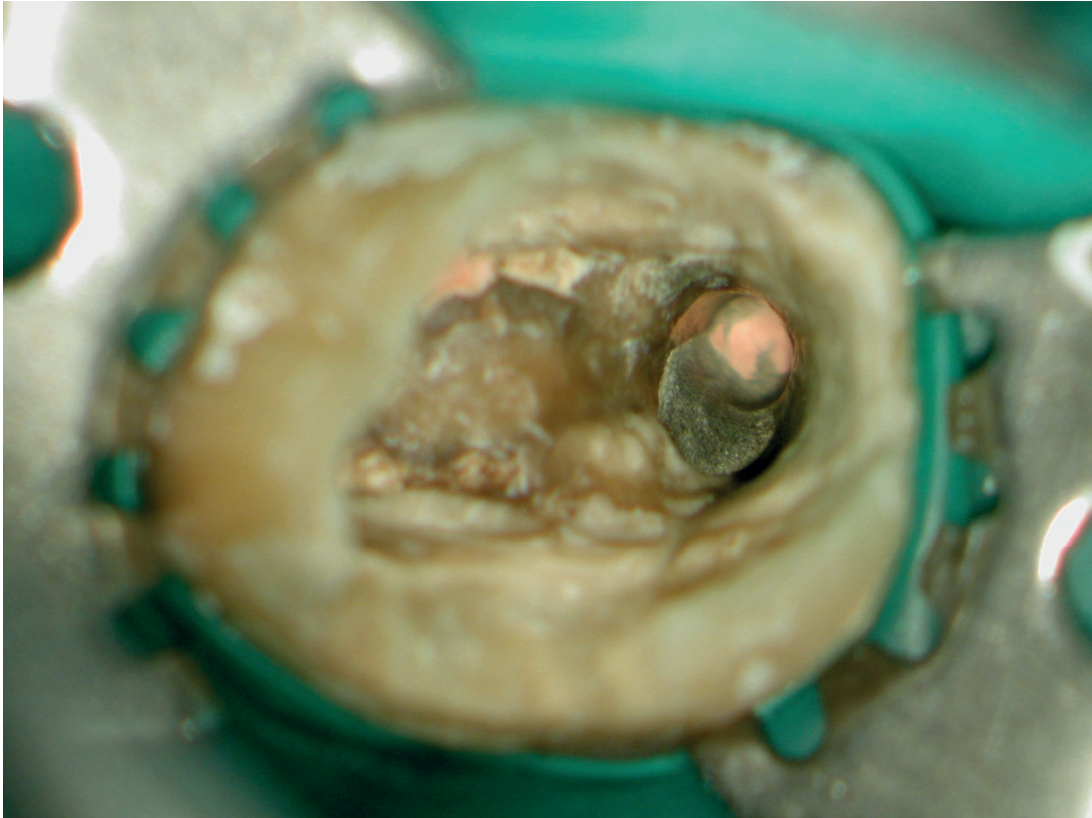


Abb. 35: Zustand nach Verschluss der Perforationsstelle mit MTA (12.01.2004).



Abb. 36: Die Röntgenaufnahme im Rahmen des Endo-Recalls vom 27.01.2004 zeigt eine vollständige knöcherne Regeneration.

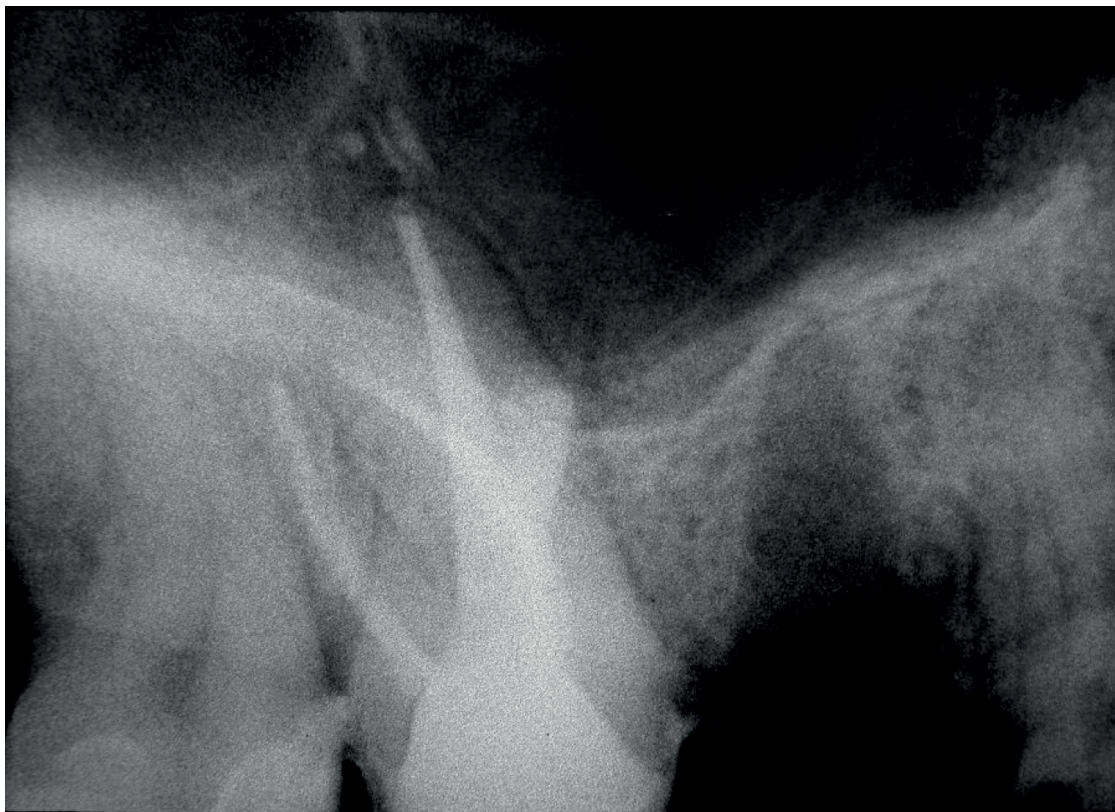


Abb. 37: Eine weitere Röntgenkontrollaufnahme vom 27.01.2004 zeigt die homogene Kompaktion des Perforationsverschlusses.

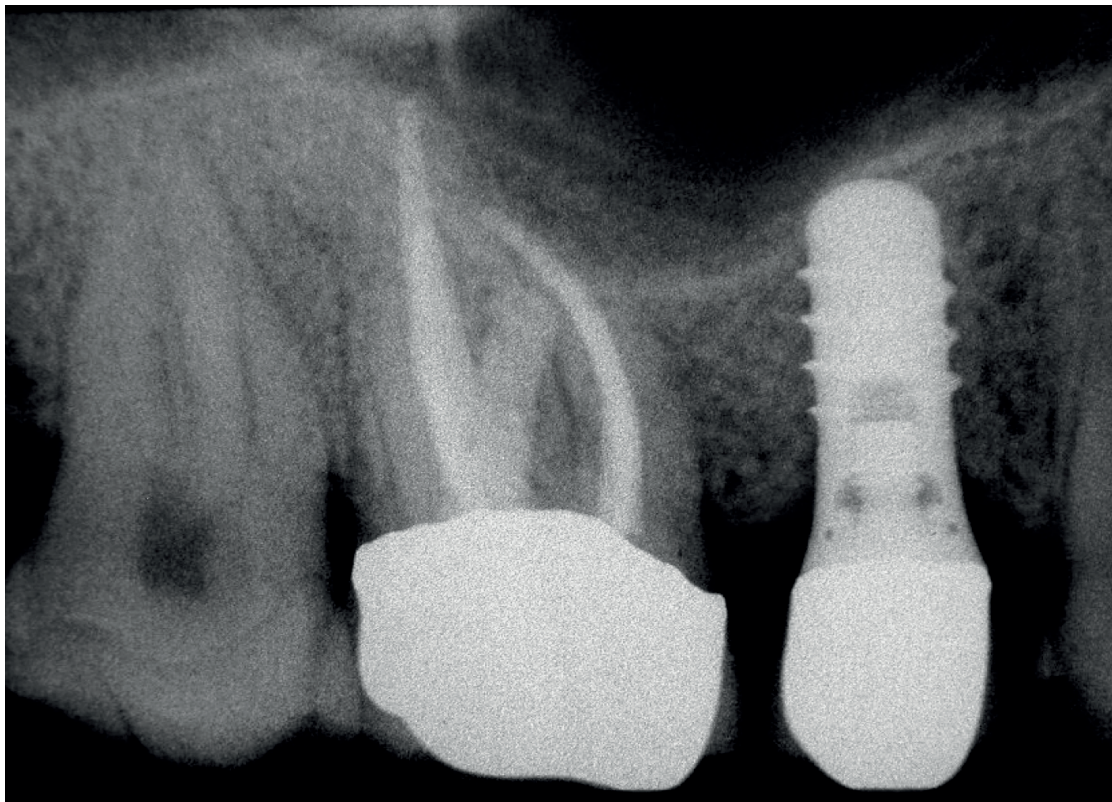


Abb. 38: Die Röntgenkontrolle zum 1-Jahres-Recall (08.03.2005) zeigt eine deutliche knöcherne Regeneration sowie eine prothetische Neuversorgung.

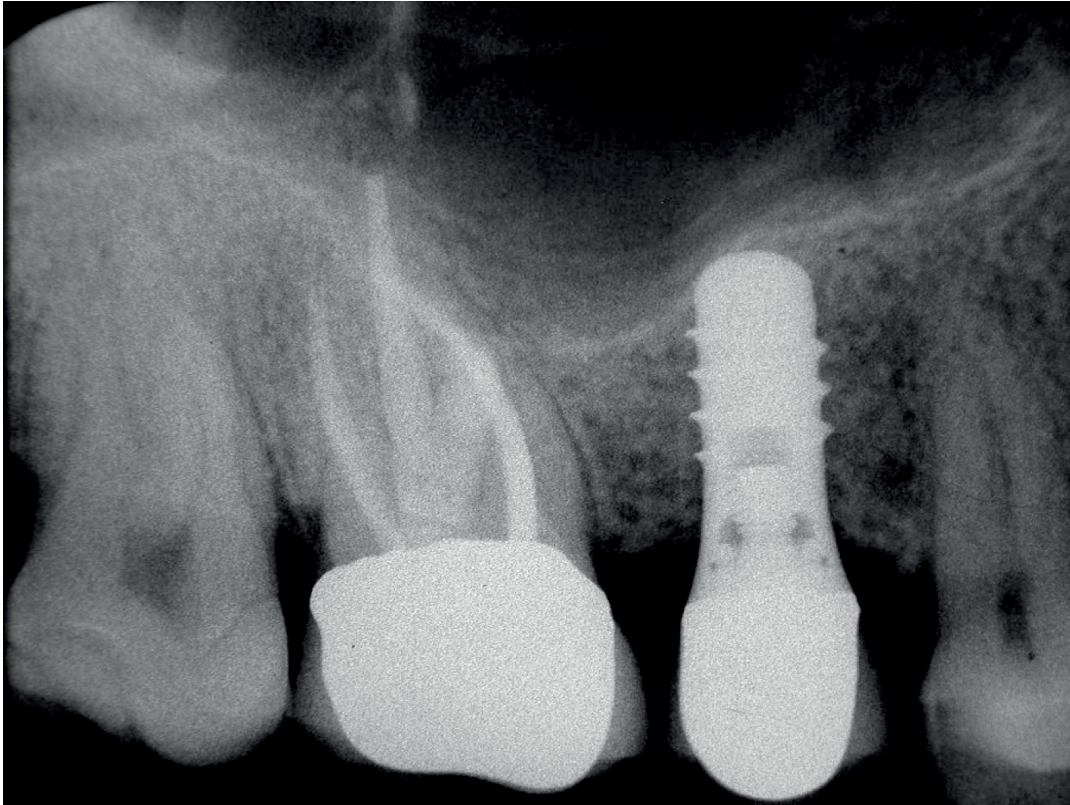


Abb. 39: Das Röntgenbild anlässlich des 5-Jahres-Recalls (19.02.2009) zeigt eine vollständige knöcherne Ausheilung.

Behandlungsfall #4

Geburtsdatum des Patienten: 25.03.1938

Datum Behandlungsbeginn: 15.11.2005

Geschlecht des Patienten : Männlich

Datum Behandlungsende: 02.03.2006

Behandler: Marga Ree (M.R.)

Datum des letzten Recall: 23.03.2009

A. Zahn (ISO #): 46

B. Kategorie: Furkale Perforation

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Der Patient stellte sich auf Eigeninitiative hin in der Praxis Dr. Ree vor. Nach einer durchgeführten endodontischen Behandlung des Zahnes 46 beim Hauszahnarzt zeigte der Zahn persistente Beschwerden.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung vom 15.11.2005:

Der Zahn 46 verhielt sich perkussions- und palpationsempfindlich und war endodontisch vorbehandelt. Eine große Perforation war krestal im Bereich des Pulpenkammerbodens erkennbar. Diese war länger als einen Monat vorhanden. Sondierungstiefen an Zahn 46: M 4 mm, B 7 mm, D 3 mm, L 3 mm. Es lag ein Furkationsbefall Grad III vor.

Durchgeführte Tests:

Zahn	46	47
Kälte	-	+
Palpation	+	-
Perkussion	+	-

Radiologischer Befund vom 15.11.2005:

Der Zahn 46 war endodontisch behandelt und mit einer Brücke versorgt. Die Wurzelfüllung der mesialen Wurzel war kaum zu erkennen, die der distalen Wurzel endete etwa 3 mm vor dem röntgenologischen Apex. Die Aufbaufüllung schien bis in die Furkation hineinzureichen, in diesem Bereich war eine deutliche Aufhellung zu erkennen. Es bestand ein Verdacht auf eine Perforation in diesem Bereich. Zusätzlich war eine apikale Aufhellung im Bereich beider Wurzeln erkennbar.

<i>RCS-Score 46: 1</i>	<i>LRF-Score 46: 2</i>	<i>HRF-Score 46: 1</i>
<i>RF-Score 46: 5</i>	<i>PAI-Score 46: 4</i>	<i>RPI-Score 46: 5</i>

E. Diagnose:

Pulpal: Endodontisch vorbehandelt

Periradikulär: Apikale Parodontitis mit Furkationsbeteiligung

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat, herausnehmbarer Zahnersatz

Restaurativ: Aufbau, Krone

Prognose: Schlecht

G. Therapie: Behandlungsdokumentation

04.01.2006:

Die alte Wurzelfüllung wurde zunächst entfernt, danach erfolgte die Aufbereitung des Wurzelkanalsystems. Der Perforationsverdacht bestätigte sich eindeutig klinisch (siehe Fotos). Die Perforation wurde mit *ProRoot MTA* (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) versorgt. Eine medikamentöse Einlage erfolgte mit Ca(OH)_2 und der Zahn wurde anschließend provisorisch verschlossen.

02.03.2006:

Zunächst wurde ein MTA-Härtetest durchgeführt: Das MTA war ausgehärtet. Es erfolgte die endgültige Kanalaufbereitung und anschließende Wurzelkanalfüllung mit Guttapercha (vertikale Kompaktion). Der Defekt wurde mit einem Dentinadhäsivsystem und Komposit verschlossen.

H. Recall:

10.03.2008:

Der Heilungsverlauf verhielt sich unauffällig. Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig und weder palpations- noch perkussionsempfindlich oder mobil. Ein Fistelgang war nicht vorhanden. Die Sondierungstiefen an Zahn 46 betrugen: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 3 mm. Eine koronale Leakage war nicht erkennbar. Es lag ein Furkationsbefall Grad II vor.

RCS-Score: 2

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 2

23.03.2009:

Der Heilungsverlauf verhielt sich weiterhin unauffällig. Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig und weder palpations- noch perkussionsempfindlich oder mobil. Es war weiter kein Fistelgang vorhanden. Sondierungstiefen an Zahn 46: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 3 mm. Eine koronale Leakage war nicht erkennbar. Es lag auch weiterhin klinisch ein Furkationsbefall Grad II vor, allerdings war röntgenologisch kein Knochendefekt im Bereich der Furkation mehr sichtbar.

RCS-Score: 2

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 2

I. Epikrise:

Hier handelte es sich um einen Fall mit schlechter Prognose, da die Perforation im problematischen krestalen Bereich lag und lange vorhanden war, bevor sie behandelt wurde. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist sie mit Bakterien aus der Mundhöhle kontaminiert worden. Als sehr negativ zu erachten war auch der vorliegende Furkationsbefall Grad III. Der Knochen hatte sich hier komplett abgebaut. Sicher wäre hier v.a. aufgrund des parodontalen Befundes die Extraktion und Implantation die Behandlung der Wahl gewesen. Da der Patient aber unbedingt den Zahn (wenigstens einige Zeit) erhalten wollte, da er Teil einer dreigliedrigen Brückenkonstruktion war, wurde eine Perforationsbehandlung durchgeführt. Nach 3 Jahren ist der Zahn noch immer in situ und verhält sich unproblematisch. Im letzten Röntgenbild schien der knöcherne Defekt im Bereich der Perforation vollständig ausgeheilt zu sein. Auch apikal war keine Aufhellung mehr zu erkennen. Die parodontale Situation konnte auf Furkationsbefall Grad II verbessert werden.

J. Röntgenbilder/Fotodokumentation:



Abb. 40: Prä-operative Röntgenaufnahme (15.11.2005) mit insuffizienter Wurzelkanalfüllung der mesialen Wurzel sowie einem deutlichen Furkationsbefall und großer LEO apikal beider Wurzeln.



Abb. 41: Klinische Situation nach koronalem Zugang zur Perforationsstelle.

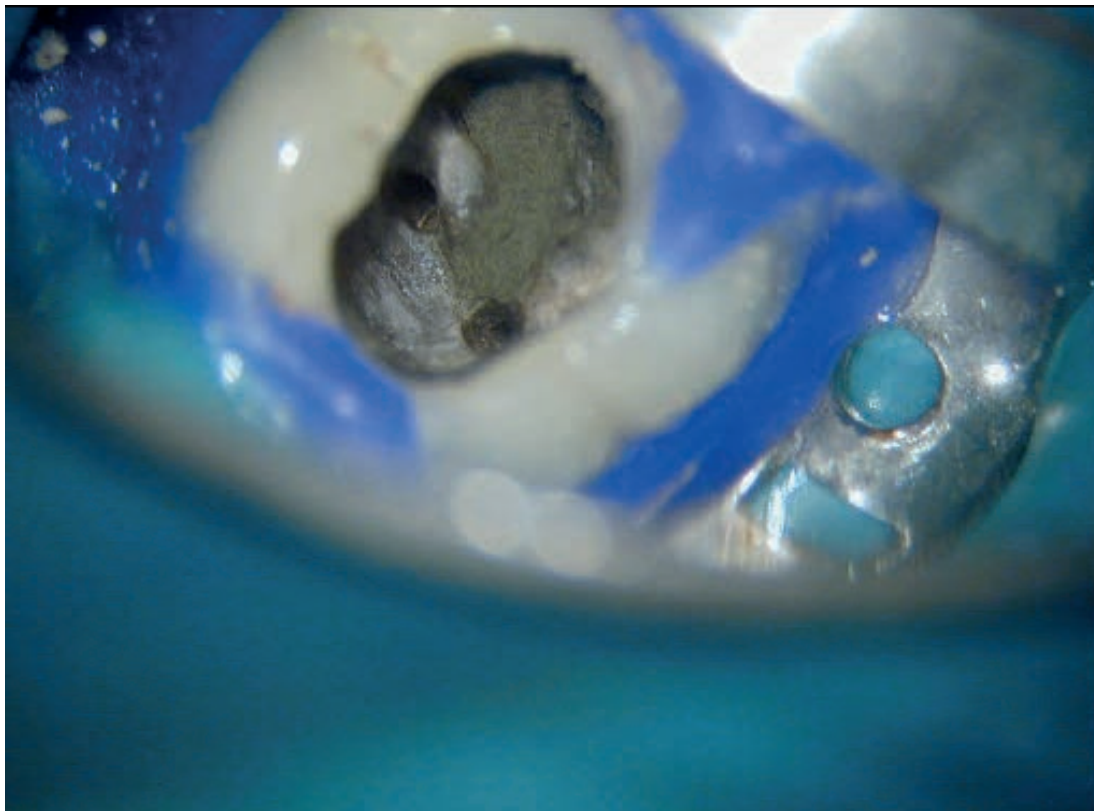


Abb. 42: Klinische Situation nach Applikation von MTA im Bereich der Perforationsstelle vor Obturation der Wurzelkanäle.

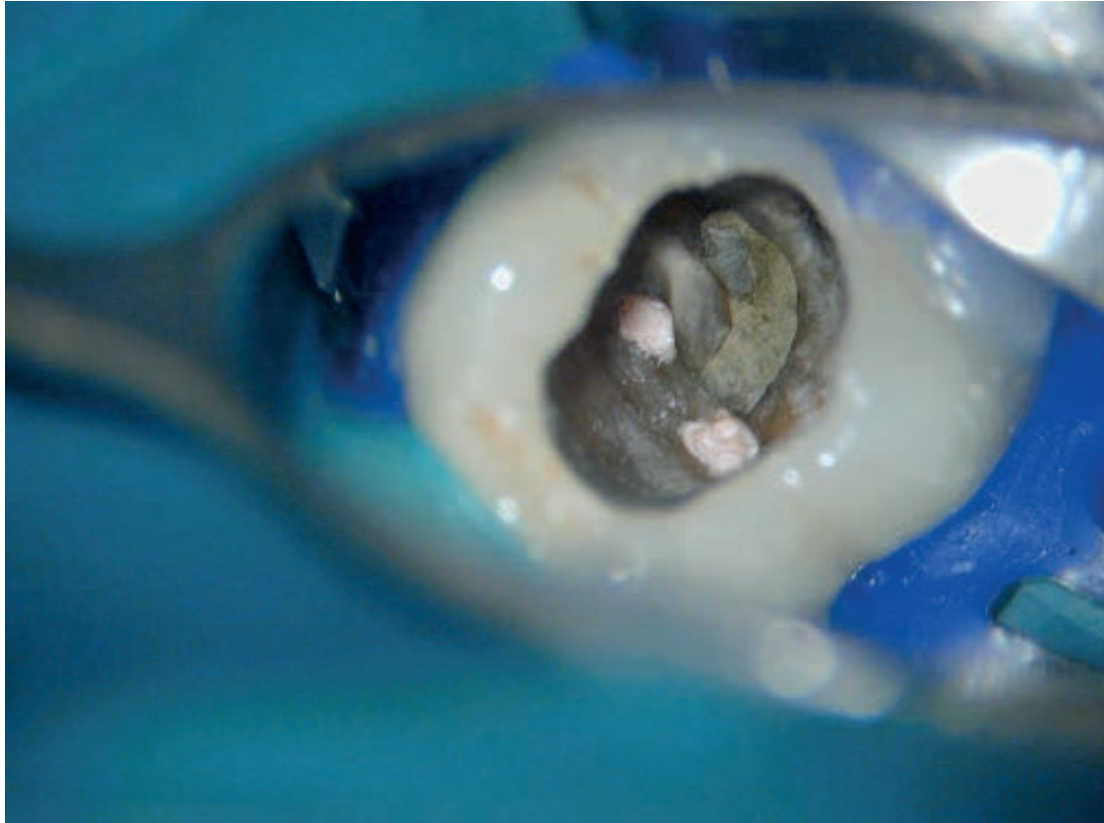


Abb. 43: Klinische Situation nach Applikation von MTA im Bereich der Perforationsstelle und nach erfolgter Obturation der Wurzelkanäle.

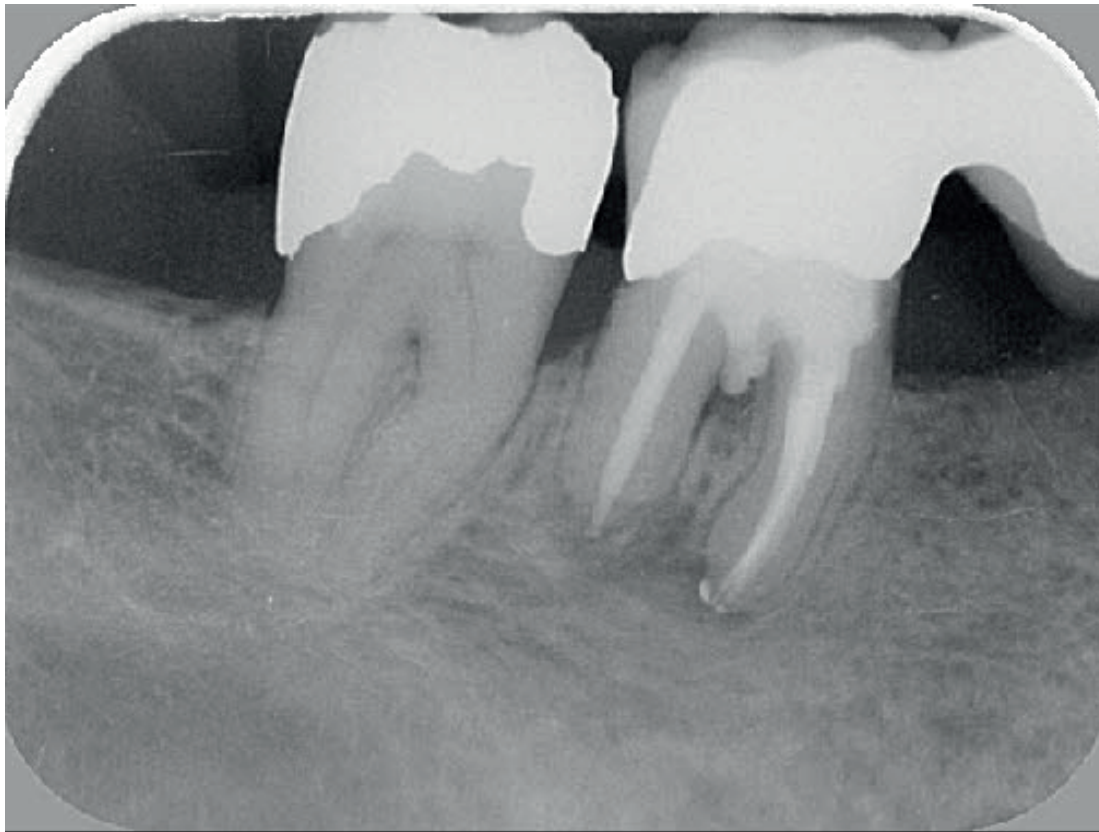


Abb. 44: Röntgenkontrollaufnahme mit sichtbarem, homogenem Verschluss der Perforationsstelle.

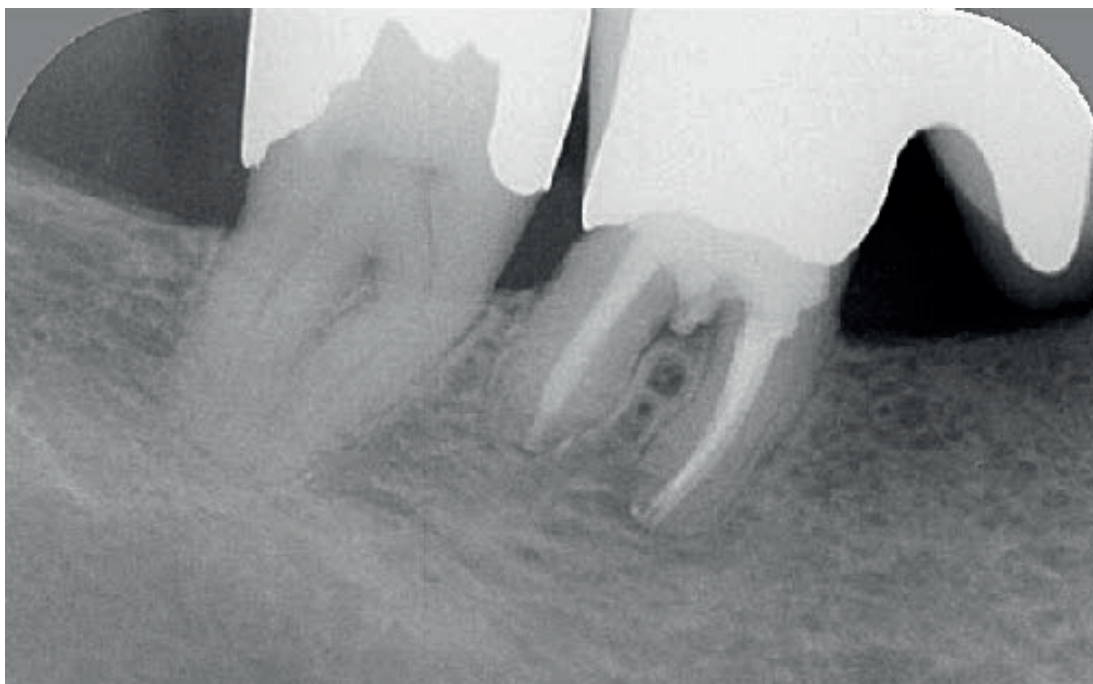


Abb. 45: Die 2-Jahres-Recall-Röntgenaufnahme vom 10.03.2008 zeigt eine deutliche knöcherne Regeneration im Bereich der ehemaligen Perforationsstelle.

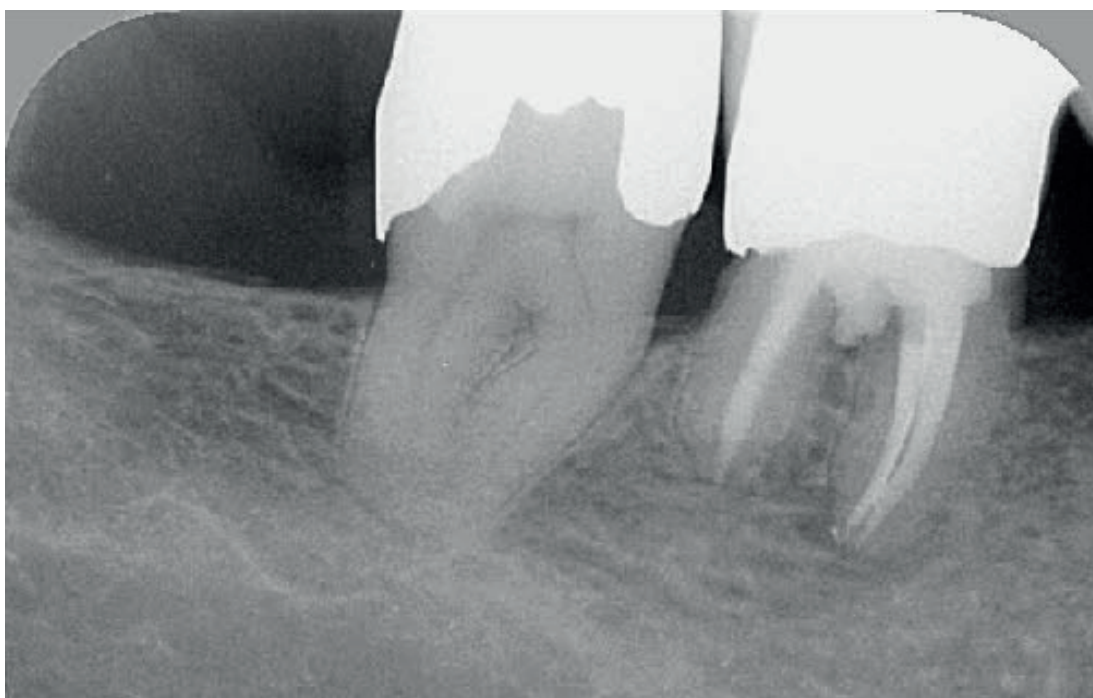


Abb. 46: Die exzentrische Röntgenaufnahme des Zahns 46 zeigt die beiden obturierten mesialen Wurzelkanäle sowie die knöcherne Regeneration.

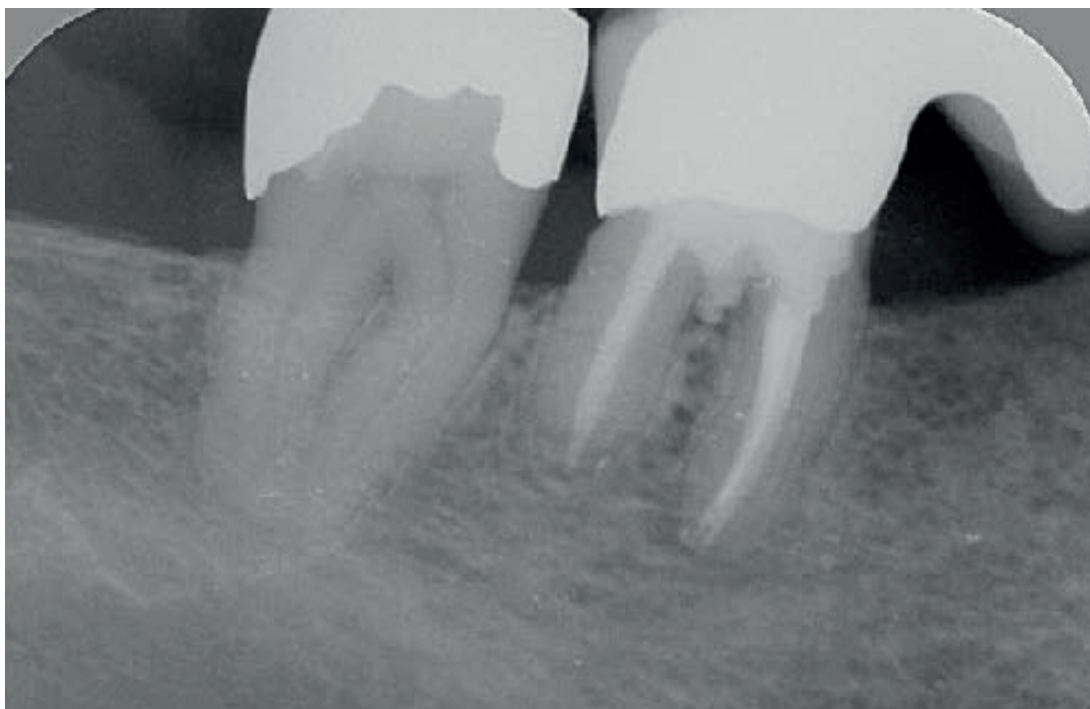


Abb. 47: Das 3-Jahres-Recall-Röntgenbild (23.03.2009) zeigt die vollständige knöcherne Regeneration periapikal und im Bereich der ehemaligen Läsion.



Abb. 48: Die klinische Situation im Rahmen des 3-Jahres-Recalls zeigt eine entzündungsfreie Gingiva.



Abb. 49: Sondierung mittels Parodontalsonde im Bereich der Furkation.

Behandlungsfall #5

Geburtsdatum des Patienten: 08.08.1991	Datum Behandlungsbeginn: 23.06.2009
Geschlecht des Patienten : Männlich	Datum Behandlungsende: 17.08.2009
Behandler: Oliver Pontius (O.P.)	Datum des letzten Recall: 04.05.2010

A. Zahn (ISO #): 31

B. Kategorie: Große, subkrestale
Perforation durch externe Resorption

C. Zahnedizinische Anamnese:

23.06.2009:

Der Patient stürzte mit drei Jahren vom Dreirad. Er gab an, in Regio 31 einen dumpfen Spontanschmerz (Grad 1) zu verspüren. Ab 2008 wurde der Zahn auf Grund einer Verfärbung röntgenologisch vom Hauszahnarzt beobachtet. Der Patient hatte für 1,5 Jahre (beendet vor ca 3 Jahren) eine festsitzende kieferorthopädische Apparatur.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung vom 23.06.2009:

An Zahn 31 war ein Fistelgang vorhanden. Der Zahn hatte den Lockerungsgrad 2, Sondierungstiefen 31: M 3 mm, B 2 mm, D 3 mm, L 2 mm.

Durchgeführte Tests:

Zahn	41	31	32
EPT		75	
Kälte	+	-	+
Palpation	-	+	-
Perkussion	-	+	-

Radiologischer Befund:

Eine große Aufhellung im Sinne einer externen Resorption mesial an Zahn 31 mit Perforation des mittleren Wurzeldrittels (subkrestal) war röntgenologisch erkennbar. Der Zahn war nicht endodontisch behandelt.

RCS-Score: Ø

LRF-Score: Ø

HRF-Score: Ø

RF-Score: Ø

PAI-Score: 5

RPI-Score: 5

E. Diagnose:

Pulpal: Externe Resorption mit Pulpanekrose

Periradikulär: Chronische apikale Parodontitis.

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung und mögliche Flap-OP

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Aufbau

Prognose: Eingeschränkt

G. Therapie: Behandlungsdokumentation

23.06.2009:

Die Problematik des Falles und notwendigen Behandlungssitzungen wurden erläutert. Der Patient verstand die Notwendigkeit mehrerer Behandlungssitzungen, um die endodontische Therapie abzuschliessen. Der Patient wurde für ein DVT (Indikation: Feststellung der Ausdehnung des Resorptionsdefektes) überwiesen.

12.08.2009:

Das DVT zeigte eine zirkumferente Aufhellung um die Wurzel im Sinne einer externen Resorption. Eine Wurzelkanalaufbereitung und -füllung (vertikale Kompaktion) der bukkalen und lingualen Kanalsysteme unter Kofferdam erfolgte, anschließend eine Perforationsdeckung mit grauem MTA (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) . Als medikamentöse Einlage wurde Ca(OH)_2 verwendet und die Trepanations-öffnung mit *Cavit* verschlossen.

17.08.2009:

Die MTA-Härteprobe zeigte die völlige Aushärtung und der Zahn wurde mit Komposit verschlossen.

H. Recall:

14.05.2010:

Der Heilungsverlauf verhielt sich unauffällig. Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig und weder palpations- noch perkussionsempfindlich oder mobil. Es war kein Fistelgang vorhanden. Sondierungstiefen: M 3 mm, B 2 mm, D 2 mm, L 2 mm. Eine koronale Leakage war nicht erkennbar. Die Läsion des Knochens um die Perforation war im Röntgenbild deutlich verkleinert dargestellt.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 2

I. Epikrise:

Bei diesem Fall handelte es sich um eine subkrestale Perforation durch eine große externe Resorption. Um sich über das Ausmaß des knöchernen Defektes ein genaues Bild machen zu können, wurde hier ein Digitales Volumentomogramm (DVT) durchgeführt. Nach Perforationsdeckung und Wurzelkanalbehandlung konnte hier eine gute knöcherne Regeneration nach 9 Monaten erreicht werden. Der Patient ist bis heute völlig symptomfrei.

Nach Heithersay (1994) wird die Resorption durch spezifische Klasten hervorgerufen, die organische und mineralische Komponenten der Zahnhartsubstanz auflösen. Resorptionen können aufgrund von biomechanischen Kräften, mechanischem, chirurgischem und chemischem Trauma, endodontischen Mikroorganismen und deren Toxinen, Entwicklungsstörungen, Neoplasien und Hormonstörungen entstehen. Bei dem vorgestellten Fall handelte es sich wahrscheinlich um eine Resorption aufgrund kieferorthopädischer Zahnbewegung, die unter Umständen zu schnell erfolgte. An ein jüngst aufgetretenes Trauma konnte sich der Patient nicht erinnern. Die Resorption wurde in diesem Fall vom Hauszahnarzt röntgenologisch beobachtet. Als klar war, dass es sich hier um einen fortschreitenden Prozess handelte, wurde der Patient in die Spezialistenpraxis Dr. Pontius überwiesen und endodontisch behandelt, um die klastische Aktivität zu stoppen. Dies ist auch nach Heithersay Behandlung der Wahl (1994).

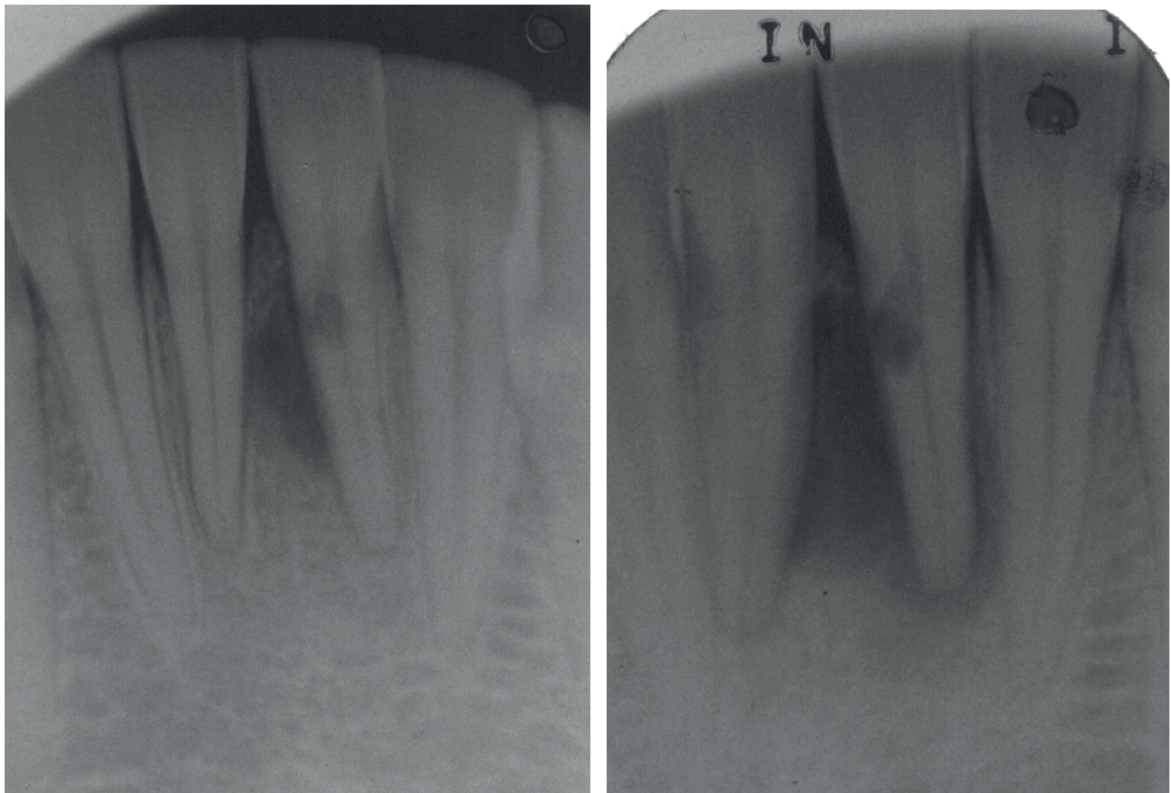
J. Röntgenbilder/Fotodokumentation:

Abb. 50 (links): Eine Röntgenaufnahme, am 06.11.2008 beim Hauszahnarzt angefertigt, zeigt deutlich die massive laterale Knochenläsion sowie die externe Resorption an Zahn 31.

Abb. 51 (rechts): Die prä-operative Röntgenaufnahme vom 02.06.2009 zeigt eine ausgedehnte knöcherne Läsion und eine bereits deutlich vergrößerte Resorption von Zahn 31.

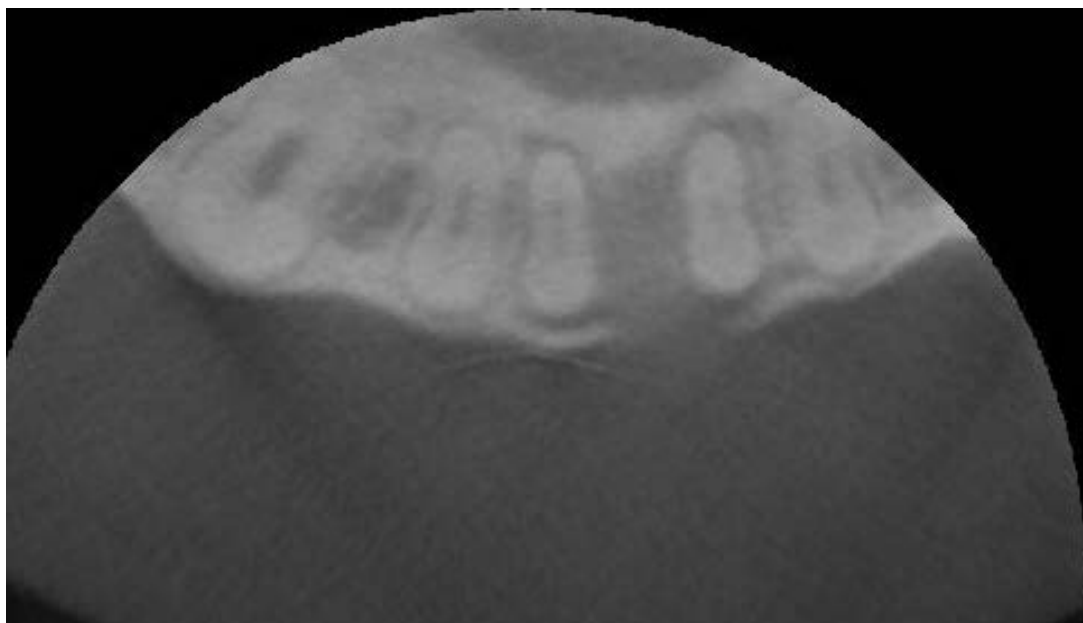


Abb. 52: Das zusätzlich zur Beurteilung der Ausdehnung und Lage der Resorption angefertigte DVT vom 14.07.09 zeigt die Ausdehnung des Knochendefektes mit partieller Resorption der vestibulären Kompakta.



Abb. 53: In der vorliegenden Ebene des DVTs zeigt sich auch sehr deutlich die fortgeschrittene externe Resorption des Zahns 31.

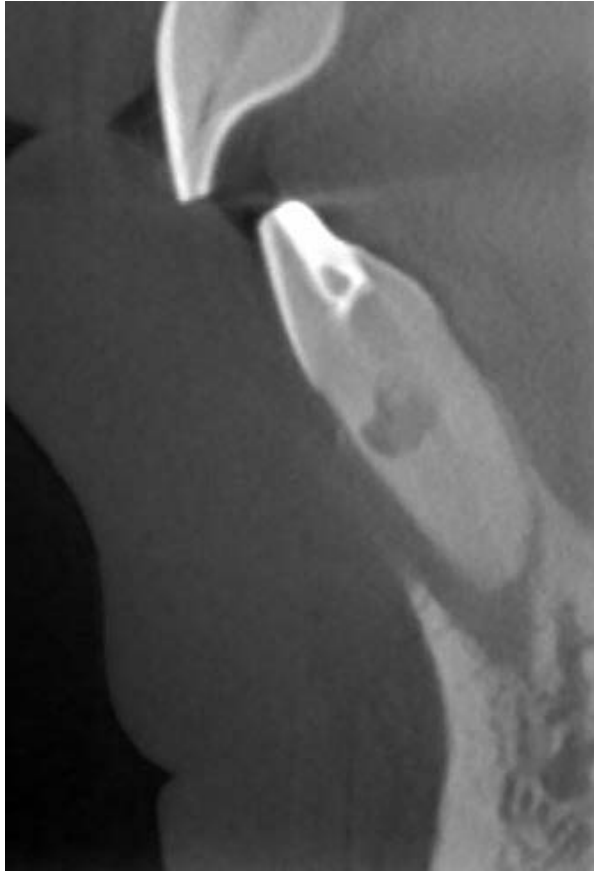


Abb. 54: In Sagittalebene dargestellte Ausdehnung der Resorption von Zahn 31.



Abb. 55 (links): Die post-operative Röntgenkontrollaufnahme vom 17.8.2009 zeigt den erfolgten Verschluss der Resorption sowie Obturation des Wurzelkanals.

Abb. 55 (rechts): Die Röntgenkontrollaufnahme im Rahmen des Endo-Recalls vom 04.05.2010 zeigt eine weitgehende Ausheilung des vormaligen Knochendefektes.

Behandlungsfall #6

Geburtsdatum des Patienten: 17.07.1943	Datum Behandlungsbeginn: 19.10.1998
Geschlecht des Patienten : Weiblich	Datum Behandlungsende: 25.11.1998
Behandler: Terrell Pannkuk (T.P.)	Datum des letzten Recall: 22.01.2007

A. Zahn (ISO #): 46

B. Kategorie: Apikale Perforation der distobukkalen Wurzel

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Die Patientin gab an, dass ihr Zahn 46 vor vielen Jahren endodontisch behandelt wurde. Es handelte sich anscheinend um eine Wurzelkanalfüllung mit Silberstiften. Der Zahn machte im Alltag immer wieder Probleme und war aufbissempfänglich.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung:

Der Zahn 46 wurde endodontisch vorbehandelt und mit Silberstiften gefüllt. Sondierungstiefen: M 3 mm, B 2 mm, D 3 mm, L 3 mm. Die Gingiva an Zahn 46 war derb geschwollen und entzündet.

Durchgeführte Tests:

Zahn	47	46	45
Kälte	+	-	+
Palpation	-	+	-
Perkussion	-	+	-
Lockerung	1	1	1

Radiologischer Befund vom 19.10.1998

Auf dem Röntgenbild war ein durchgehend verbreiteter PA-Spalt und eine Aufhellung im Sinne einer Kochenläsion am distalen Apex (Stelle der Perforation) zu erkennen. Der distobukkale Apex war verlegt und perforiert, die distale Wurzel

teilweise resorbiert. Der mesiobukkkale und der mesiolinguale Wurzelkanal zeigten jeweils eine insuffiziente Wurzelkanalfüllung (deutlich zu kurz gefüllt).

<i>RCS-Score:</i> 1	<i>LRF-Score:</i> 3	<i>HRF-Score:</i> 1
<i>RF-Score:</i> 5	<i>PAI-Score:</i> 4	<i>RPI-Score:</i> 4

E. Diagnose:

Pulpal: Endodontisch vorbehandelt (Silberstifte)

Periradikulär: Chronische apikale Parodontitis

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Aufbau, Stift, Krone

Prognose: Gut

G. Therapie: Behandlungsdokumentation

24.11.1998:

Nach der Wurzelkanalaufbereitung unter Kofferdam wurde MTA (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) im distobukkalen Wurzelkanal gesetzt und der Zahn provisorisch verschlossen. Die Patientin wurde darüber aufgeklärt, dass das MTA einige Tage aushärten müsse und die definitive Versorgung erst dann erfolgen könne.

25.11.1998:

Die Patientin ist gegen die Anweisung von Dr. Pannkuk zum Hauszahnarzt gegangen um den Zahn umgehend mit einer provisorischen Krone versorgen zu lassen. Da nicht genügend Zahnhartsubstanz als Retentionsfläche vorhanden war, setzte der Zahnarzt einen Wurzelstift. Dieser durchbohrte das zuvor gesetzte MTA komplett. Die Patientin verspürte sofort starke Schmerzen und aus dem

Wurzelkanal blutete es profus. Der Zahnarzt konsultierte daraufhin telefonisch Dr. Pannkuk. Der fragte ihn, was die Patientin in seiner Praxis mache, das MTA müsse noch aushärten. Die Antwort des Zahnarztes: „Was ist MTA? Es sah aus wie Schlamm also habe ich es entfernt!“. Die Patientin kam also wieder in die Praxis von Dr. Pannkuk, der den Stift entfernte und erneut ein Perforation-Repair mit Pro-Root MTA durchführte.

Nach diesem Vorfall nahm die Patientin den Ratschlag von Dr. Pannkuk ernst und wartete einige Tage bis zum Aushärten des Materials, bevor sie sich von Ihrem Hauszahnarzt eine provisorische Krone mit Stift einsetzen ließ.

H. Recall:

19.10.2004:

Der Zahn war mit einem Stiftaufbau und einer Krone versorgt worden. Röntgenologisch war der PA-Spalt noch etwas verbreitert, aber die Läsion an der distalen Wurzel deutlich reduziert. Die Sondierungstiefen an Zahn 46 betrugen: M 3 mm, B 2 mm, D 3 mm, L 3 mm.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 3

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 3

RPI-Score: 3

22.01.2007:

Die Knochenläsion an der mesialen Wurzel war röntgenologisch vollständig ausgeheilt, distal befand sich noch eine residuale Aufhellung. Die Sondierungstiefen an Zahn 46 betrugen: M 3 mm, B 2 mm, D 3 mm, L 3 mm.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 3

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 2

RPI-Score: 2

I. Epikrise:

Dieser Fall macht die Wichtigkeit der Kommunikation zwischen Hauszahnarzt, Spezialist und Patient klar. Durch Fehlkommunikation und Unwissen des Hauszahnarztes wurde hier das Gewebe um die Perforation unnötigerweise wiederholt traumatisiert. Die orthograde Perforationsbehandlung war hier sicherlich schwierig, da sie sich sehr weit apikal befand und selbst mit Operationsmikroskop nicht darstellbar war. Es handelte sich hier um ein verlegtes Foramen (dadurch große Perforation), das durch falsche, forcierte Aufbereitungstechnik mit nicht vorgebogenen und/oder zu starren Handfeilen entsteht, die den Kanal begradigen und schließlich eine Via falsa verursachen. Nach Verursachung der Perforation und inadäquatem Cleaning & Shaping füllte der Vorbehandler die Wurzelkanäle schließlich mit Silberstiften. Diese Fülltechnik ist heute sicher nicht mehr Methode der ersten Wahl. Zu der Problematik des Falles kam noch die schwer vorhersagbare Entfernbarekeit der Silberstifte hinzu. Ultraschallaktivierte Instrumente konnten hier helfen. Der Bereich um die mesiale Wurzel schien im letzten Recall-Röntgenbild vollständig ausgeheilt zu sein. Um die distale Wurzel gab es noch eine Strukturveränderung, dies muss aber nicht zwingend für einen pathologischen Prozess sprechen. Die Patientin war zum Zeitpunkt des letzten Recalls symptomfrei, damit wurde der Fall als Erfolg gewertet.

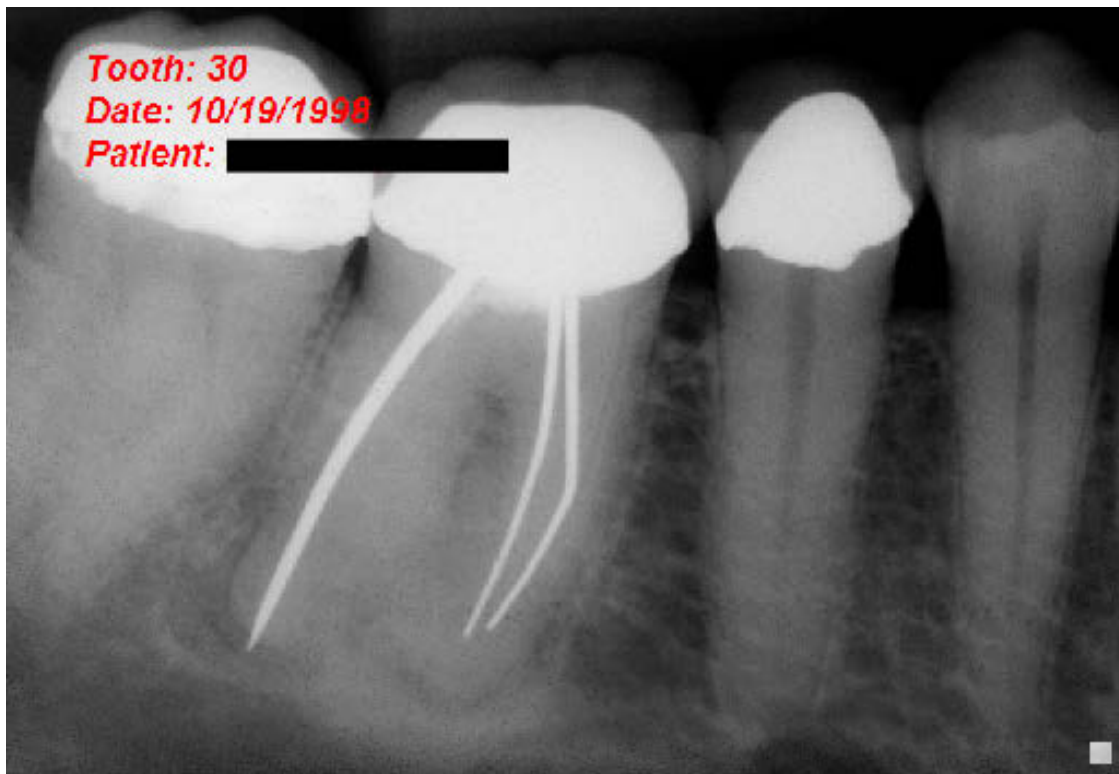
J. Röntgenbilder/Fotodokumentation:

Abb. 56: Die prä-operative Röntgenaufnahme vom 19.10.1998 zeigt eine insuffiziente Wurzelkanalfüllung mit Silberstiften und periapikaler Osteolyse.

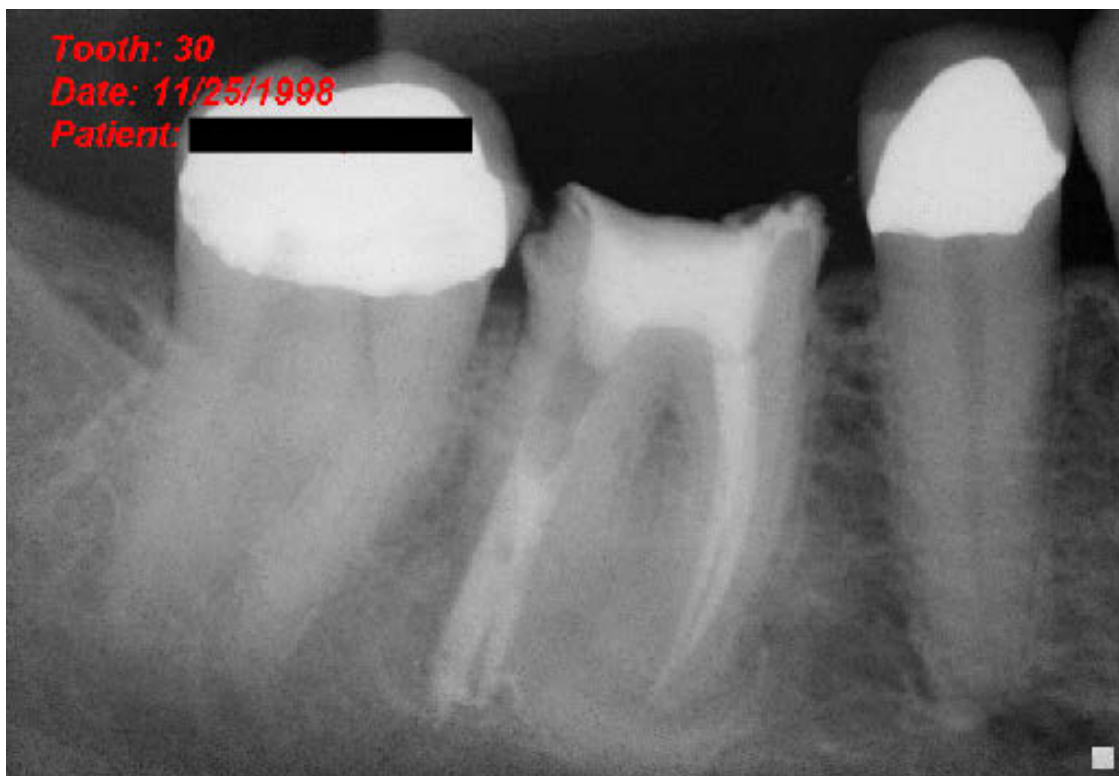


Abb. 57: Röntgenkontrollaufnahme nach erfolgter Perforationsdeckung sowie Obturation der Wurzelkanäle am 25.11.1998.

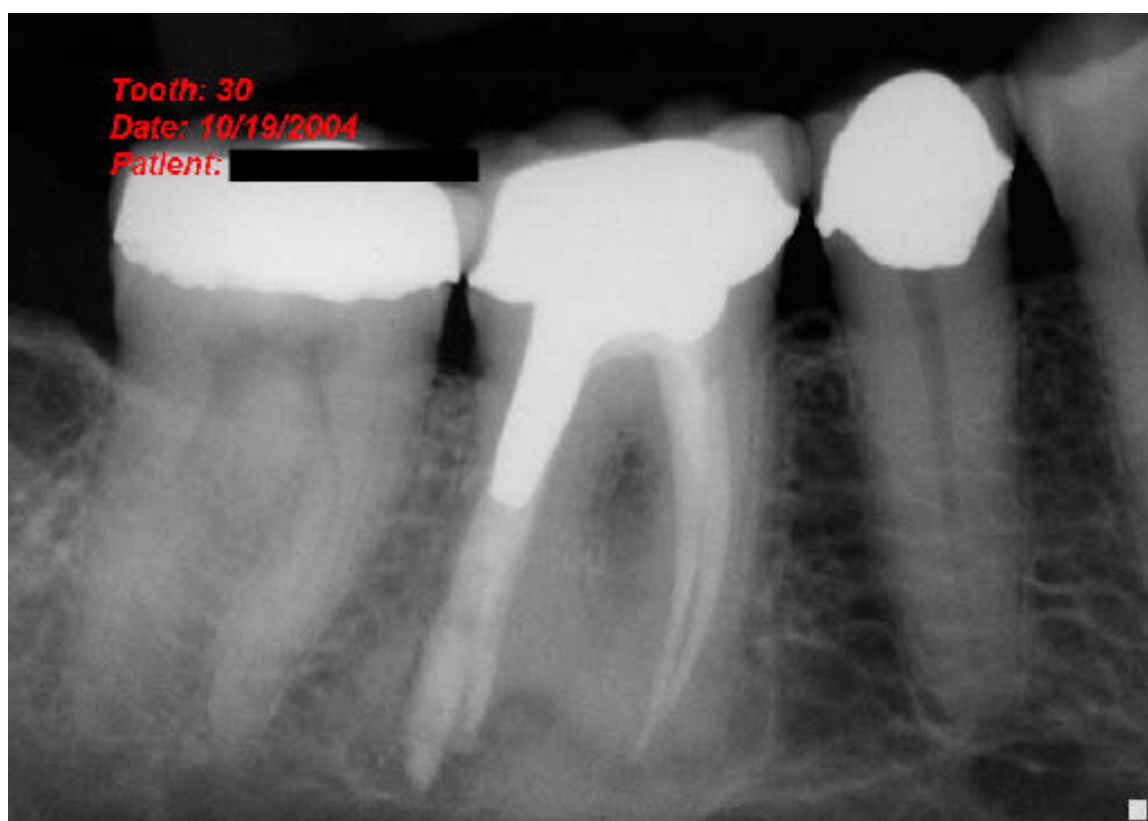


Abb. 58: Die Recall-Röntgenaufnahme (19.10.2004) zeigt einen noch verbreiterten Parodontalspalt im Bereich der distalen Wurzel.

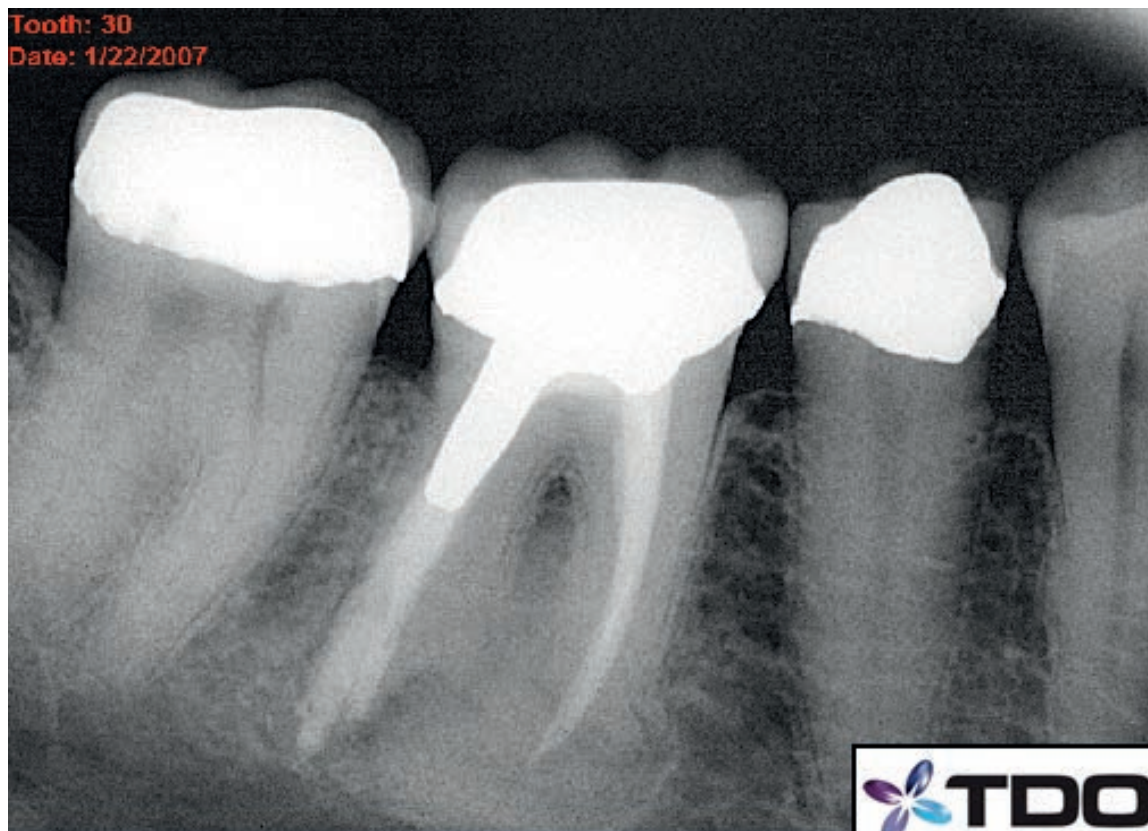


Abb. 59: Im Vergleich zum ersten Recall zeigt die Röntgenkontrollaufnahme vom 22.11.2007 eine weitere Reduktion der periapikalen Läsion.

Behandlungsfall #7

Geburtsdatum des Patienten: 20.02.1981	Datum Behandlungsbeginn: 13.01.2005
Geschlecht des Patienten : Weiblich	Datum Behandlungsende: 22.04.2005
Behandler: Oliver Pontius (O.P.)	Datum des letzten Recall: 16.11.2009

A. Zahn (ISO #): 21

B. Kategorie: Apikale Perforation
durch eine interne Resorption

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Die Patientin hatte im Juli 2004 bei einer Erkältung einen Druckschmerz unter der Nase gespürt. Das Zahnfleisch war geschwollen. Sie suchte daraufhin ihren Hauszahnarzt auf. Dieser begann die endodontische Behandlung an Zahn 21. Die Patientin wurde aufgeklärt, dass der Zahn sehr kritisch aussehe. Der Zahnarzt konnte den Zahn nicht trocken halten! Ein Zahnfleischlappen wurde ebenfalls präpariert (Befund: o.B.) und wurde dann wieder vernäht. Seit September 2004 war der Zahn mit einer medikamentösen Einlage (CaOH_2) versorgt. Die Empfehlung des Hauszahnarztes lautete: Extraktion oder Weiterbehandlung durch O.P.

Die Patientin konnte sich nicht an ein Trauma im Frontzahnbereich erinnern.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung:

Sondierungstiefen an Zahn 21: M 2 mm, B 1 mm, D 1 mm, P 2 mm. Die Gingiva an Zahn 21 war geschwollen und entzündet.

Tests:

Zahn	11	21	22
Kälte	+	-	+
Palpation	-	+	-
Perkussion	-	+	-
Lockerung	1	1	1

Radiologischer Befund vom 13.01.2005:

Internes Granulom mit Perforation im apikalen Wurzeldrittel.

RCS-Score: Ø

LRF-Score: Ø

HRF-Score: Ø

RF-Score: Ø

PAI-Score: 2

RPI-Score: 3

E. Diagnose:

Pulpal: Pulpa entfernt

Periradikulär: Chronische apikale Parodontitis

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Keine Versorgung notwendig

Prognose: Gut

G. Therapie: Behandlungsdokumentation

13.01.2005:

Unter Kofferdam wurde eine Wurzelkanalaufbereitung, ultraschallaktivierte Reinigung und medikamentöse Einlage mittels einer MTA-Pistole mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ durchgeführt. Danach erfolgte eine adhäsive Aufbaufüllung mit *Herculite* (Kerr, Sybron Dental Specialties, Inc., Orange, CA, USA).

22.03.2005:

Es wurde ein Cleaning und Shaping durchgeführt, darauf folgte die apikale Wurzelkanalfüllung mit MTA (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) (Perforation-Repair

der internen Resorption). Der provisorische Verschluss erfolgte mit Watterpellett / *Cavit* (3M ESPE, Neuss)/ *Tetric Flow* (Ivoclar Vivadent AG, Schaar).

22.04.2005:

Zunächst erfolgte ein Back Pack mit *Obtura* (Obtura Spartan Endodontics, Algonquin, IL, USA), daraufhin wurde der Zahn adhäsiv mit Komposit verschlossen.

H. Recall:

27.10.2005:

Der Heilungsverlauf zeigte sich unauffällig mit gesunden periapikalen Verhältnissen. Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig ohne Palpations- oder Perkussionsempfindlichkeit oder Mobilität. Fistelgang und koronale Leakage waren nicht vorhanden. Sondierungstiefen: M 2 mm, B 1 mm, D 1 mm, P 2 mm. Die Läsion des Knochens um die Perforation war im Röntgenbild deutlich reduziert.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 1</i>	<i>RPI-Score: 1</i>

28.08.2006:

Der Heilungsverlauf war unauffällig. Die periapikalen Verhältnisse waren gesund. Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig und weder palpations- noch perkussionsempfindlich oder mobil. Es war kein Fistelgang vorhanden. Sondierungstiefen: M 2 mm, B 1 mm, D 1 mm, P 2 mm.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 1</i>	<i>RPI-Score: 1</i>

15.09.2008:

Der Heilungsverlauf war weiterhin unauffällig. Die periapikale Situation wies keine pathologischen Veränderungen auf. Der Zahn war wiederum asymptomatisch und

funktionstüchtig und war weder palpations- noch perkussionsempfindlich und zeigte keine erhöhte Beweglichkeit. Die Sondierungstiefen betrugen: M 2 mm, B 1 mm, D 1 mm, P 2 mm.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 1</i>	<i>RPI-Score: 1</i>

16.11.2009:

Der Heilungsverlauf war unauffällig und die periapikalen Verhältnisse gesund. Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig ohne Palpations- noch Perkussionsbeschwerden oder mobil. Sondierungstiefen: M 2 mm, B 1 mm, D 1 mm, P 2 mm.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 1</i>	<i>RPI-Score: 1</i>

I. Epikrise:

Nach Hellwig et al. (2009) ist das interne Granulom (Pulpitis chronica granulomatosa clausa) eine sehr selten auftretende Pulpaerkrankung (Morbidity: 0,1-1,6 %) und wird mit einer lange bestehenden chronischen Pulpitis in Verbindung gebracht. Voraussetzung ist wahrscheinlich die bakterielle Infektion und Nekrose eines koronalen Anteils der Pulpa, wobei dann bakterielle Produkte durch Dentinkanälchen vitales, i.d.R. weiter apikal gelegenes Pulpagewebe erreichen. Ausgehend von einer chronischen granulomatösen Pulpitis kommt es zu einer sich meist zentrifugal ausbreitenden Resorption des umgebenden Dentins. In Extremfällen kann es zu einem Durchbruch nach außen und zur Fraktur des betroffenen Zahnes kommen.

Aufgrund dieses außergewöhnlichen Befundes soll auch dieser Fall hier vorgestellt werden. Die Diagnose "internes Granulom" konnte hier schnell mit digitalen Zahnfilmen in verschiedenen Projektionen gestellt werden. Eine Perforation wurde nach distal hin vermutet, konnte aber erst nach Wurzelfüllung röntgenologisch dargestellt werden. Das Vorliegen einer Perforation ändert nichts an der Therapie.

Cleaning und Shaping und Füllung des Defektes mit MTA, gefolgt von einem anschließenden Back Pack mit Guttapercha und bakteriendichter Verschluss mit Schmelz-Ätz-Technik und einem adäquaten Bondingsystem. Die Patientin hatte nach der Behandlung keine Beschwerden und der Fall konnte auch aufgrund der röntgenologischen Nachkontrolle als Erfolg gewertet werden.

J. Röntgenbilder/Fotodokumentation:



Abb. 60 (links): Prä-operative Röntgenaufnahme (13.01.2005) mit ausgedehnter interner Resorption im apikalen Wurzeldrittel von Zahn 21.

Abb. 61 (rechts oben): Klinische Situation nach provisorischem Verschluss.

Abb. 62 (rechts unten): Klinische Situation von der Labialansicht.



Abb. 63 (links): Röntgenkontrollaufnahme nach erfolgreichem Perforationsverschluss mittels *ProRoot MTA* am 22.03.2005.

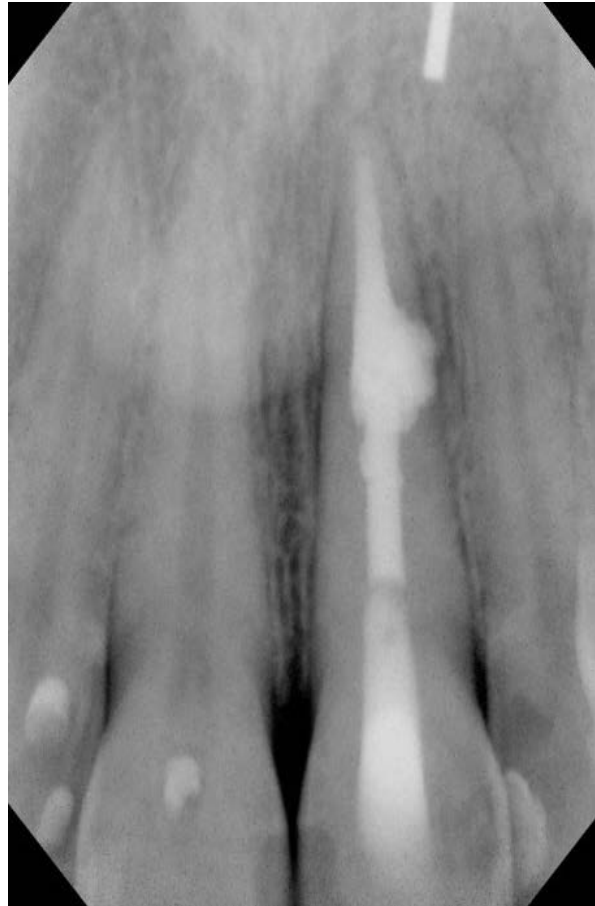


Abb. 64 (rechts): Röntgenkontrollaufnahme nach erfolgreichem Back Pack mittels erwärmter Guttpercha (*Obtura-System*) und definitivem Verschluss mittels adhäsiver Füllung (Komposit) am 22.03.2005.

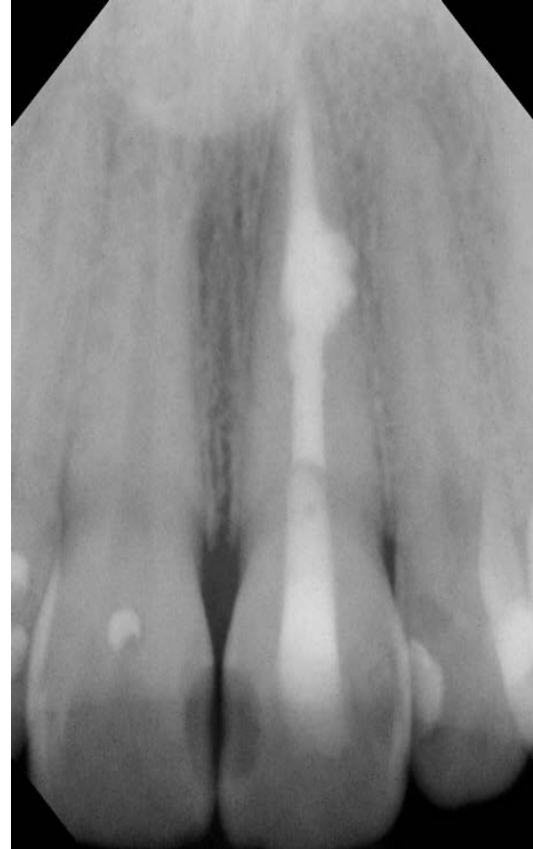
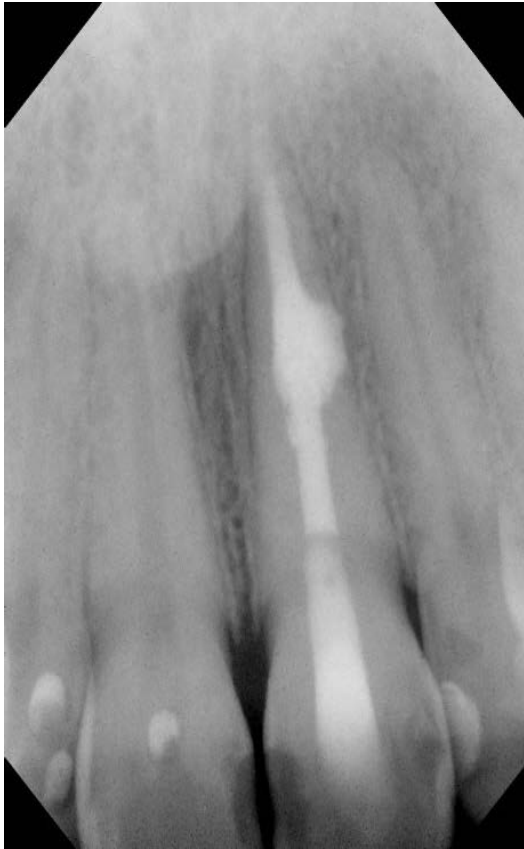


Abb. 65 (links): Das Recall-Röntgenbild ein halbes Jahr post-op (27.10.2005) zeigt eine weitgehende knöcherne Regeneration im Bereich der vormaligen Läsionszone.

Abb. 66 (rechts): Das Recall-Röntgenbild vom 28.08.2006 zeigt eine weitere Verkleinerung der Läsion.



Abb. 67: Das Recall-Röntgenbild vom 15.09.2008 zeigt eine fast völlige knöcherne Regeneration im Bereich der Läsionszone.

Abb. 68: Völlige knöcherne Regeneration (Endo-Recall am 16.11.2009).

6.2 Exemplarische Falldokumentationen - Misserfolge

Im Folgenden werden die einzelnen Misserfolge separat dargestellt und mögliche Gründe für das Scheitern der Therapie ermittelt.

Behandlungsfall #8			
Geburtsdatum des Patienten: 20.05.1950		Datum Behandlungsbeginn: 20.10.2003	
Geschlecht des Patienten : Männlich		Datum Behandlungsende: 03.12.2003	
Behandler: Terrell Pannkuk (T.P.)		Datum des letzten Recall: 29.03.2006	

- A. Zahn (ISO #): 45** **B. Kategorie:** Große laterale
Wurzelperforation durch Bohrer

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Nicht verfügbar.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung:

Bei dem ersten als Misserfolg gewerteten Fall handelte es sich um einen ersten Prämolaren mit einer krestalen Perforation bei einem 52-jährigen männlichen Patienten. Der Vorbehandler hatte bei Kanaleingangssuche den Zahn an der lateralen Wurzel großflächig perforiert. Danach hatte er die Perforation mit einer Wattekugel „gedeckt“, den Wurzelkanal aufbereitet und gefüllt. Durch einen vertikalen Knochenabbau konnte man von einer Kontamination durch Bakterien aus der Mundhöhle ausgehen. Die Gingiva im Bereich des betroffenen Zahnes war bei Erstbehandlung durch Dr. Pannkuk stark geschwollen und entzündet und die Sondierungstiefe im entsprechenden Bereich 6 mm tief. Der Patient hatte den dringenden Wunsch, den betroffenen Zahn zu erhalten und entschied sich gegen

den Rat von Dr. Pannkuk, eine Extraktion mit anschließender Implantation durchzuführen.

Radiologischer Befund vom 20.10.2003:

Es bestand ein vertikaler Knocheneinbruch mesial des Zahnes 45 mit großer Perforation. Zudem bestand ein Verdacht auf unzureichende WK-Aufbereitung.

<i>RCS-Score: 2</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 5</i>	<i>PAI-Score: 2</i>	<i>RPI-Score: 4</i>

Postoperative Aufnahme vom 03.12.2001:

Persistierender vertikaler Knocheneinbruch mesial des Zahns 45. Der Zahn war wurzelkanalbehandelt.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 2</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 2</i>	<i>RPI-Score: 4</i>

E. Diagnose:

Pulpal: Pulpa entfernt

Periradikulär: Chronische apikale Parodontitis

Perforation:

1. Lage: Krestal
2. Größe: Groß
3. Vorheriger Repair: Nein

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restoration: Krone

Prognose: Schlecht

G. Therapie:

Die Perforation wurde mit Geristore (einem Glas-Ionomer-Hybrid) versorgt, da Dr. Pannkuk bei chronischem Parodontaldefekt nicht mit MTA arbeitet (es zeigt die Tendenz zur Auswaschung). Der Wurzelkanal wurde nach der klassischen Schilder-Technik aufbereitet und für einen Monat Calciumhydroxid eingelegt, bevor der Wurzelkanal abgefüllt wurde.

H. Recall:

Recall Aufnahme vom 29.03.2006:

Die Palpation war negativ, ein Perkussionsschmerz lag vor (Grad 2), die Lockerung betrug Grad 1. Sondierungstiefen an Zahn 45: M 6 mm, MB 4 mm, B 3 mm, DB 3 mm, D 3 mm, DL 3 mm, L 3 mm, ML 9 mm.

<i>RCS-Score:</i> 1	<i>LRF-Score:</i> 3	<i>HRF-Score:</i> 1
<i>RF-Score:</i> 1	<i>PAI-Score:</i> 1	<i>RPI-Score:</i> 4

I. Epikrise:

Dieser Fall hatte von vornherein eine schlechte Prognose, da der krestale Knochen zum Zeitpunkt der Behandlung schon einen vertikalen Knocheneinbruch aufwies und so von einer bakteriellen Besiedlung auszugehen war. Aufgrund des nach 3 Jahren weiterhin vorhandenen vertikalen Knochendefekts mit entsprechend schlechtem radiologischem Perforationsindex (RPI bei Recall: 4) und einer Perkussionsempfindlichkeit (Grad 2) wurde dieser Fall auch von Dr. Pannkuk als

Misserfolg gewertet und der Zahn zeitnah extrahiert. Der PAI bei Recall war mit dem Score 1 aber unauffällig, was wiederum die Signifikanz des RPI zeigte.

J. Röntgenbilder / Fotodokumentation

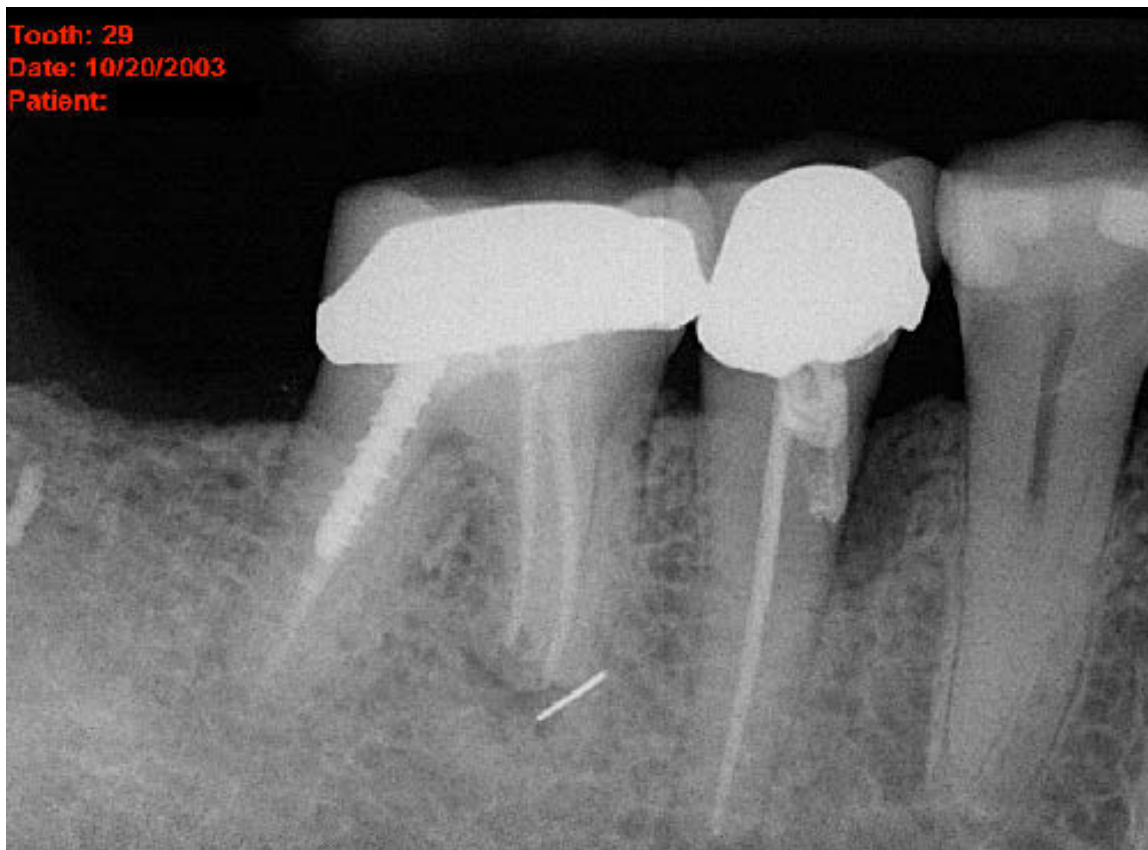


Abb. 69: Die prä-operative Aufnahme vom 20.10.2003 zeigt einen gefüllten Wurzelkanal in Zahn 45 sowie eine mesiale Perforation mit einem insuffizienten und inhomogenen Verschluss der Perforationsstelle. Beleg dafür ist die ausgedehnte knöcherne Läsion als Hinweis auf eine chronische Entzündung. Zusätzlich ist unterhalb der mesialen Wurzelspitze des Zahnes 46 ein frakturiertes Wurzelkanalinstrument zu erkennen.



Abb. 70: Große Perforation Perforation mit Watte „verschlossen“ (28.10.2003)

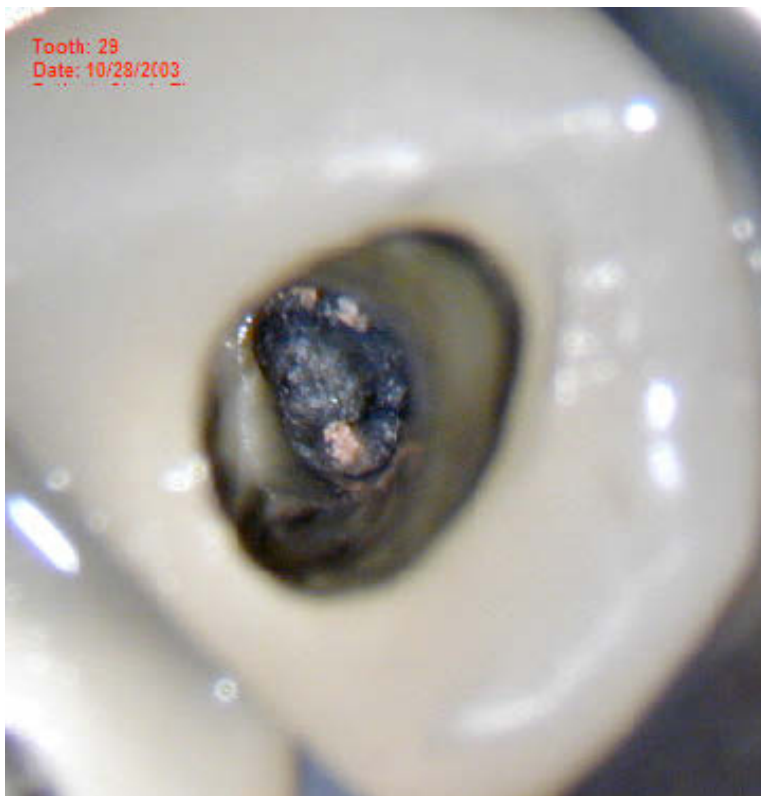


Abb. 71: Situation nach Entfernung des Wattepellets und Zugang zu Wurzelkanalfüllung und Perforationsstelle.



Abb. 72: Blutung aus dem Perforationsdefekt nach dessen Darstellung.



Abb. 73: Perforationslokalisation nach Entfernung der Einblutung in die Kavität.

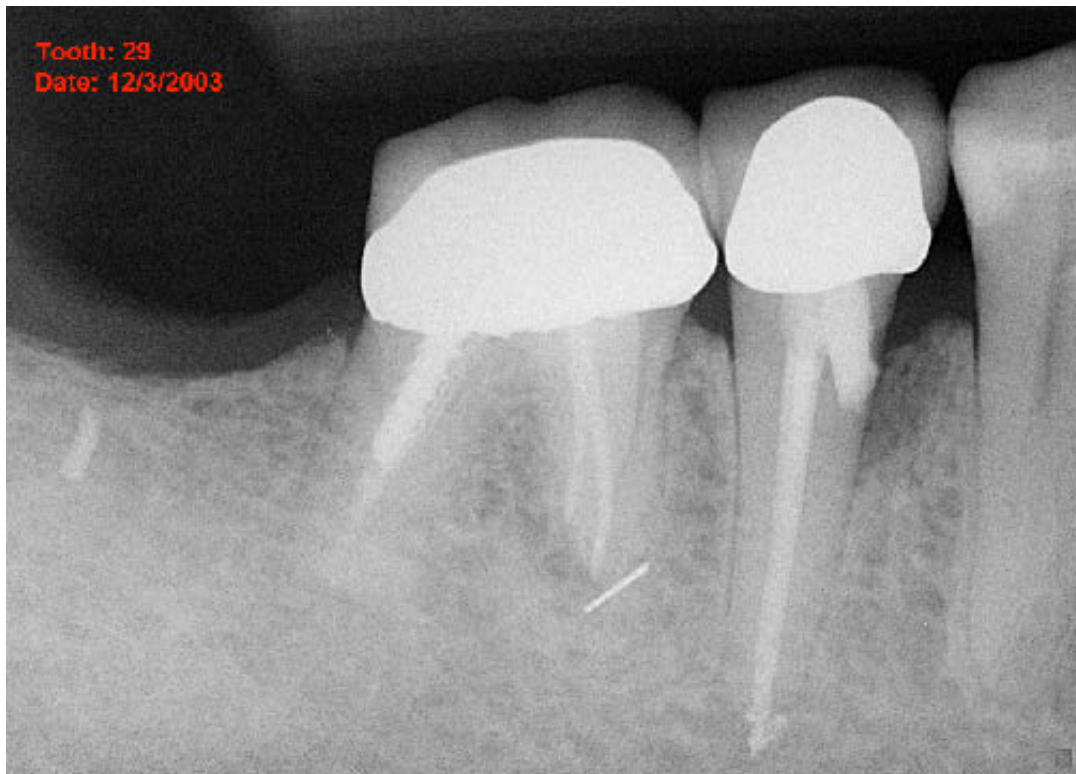


Abb. 74: Die post-operative Aufnahme vom 03.12.2003 zeigt den Perforationsverschluss mittels MTA. Röntgenologisch erscheint die Läsion kleiner zu sein.

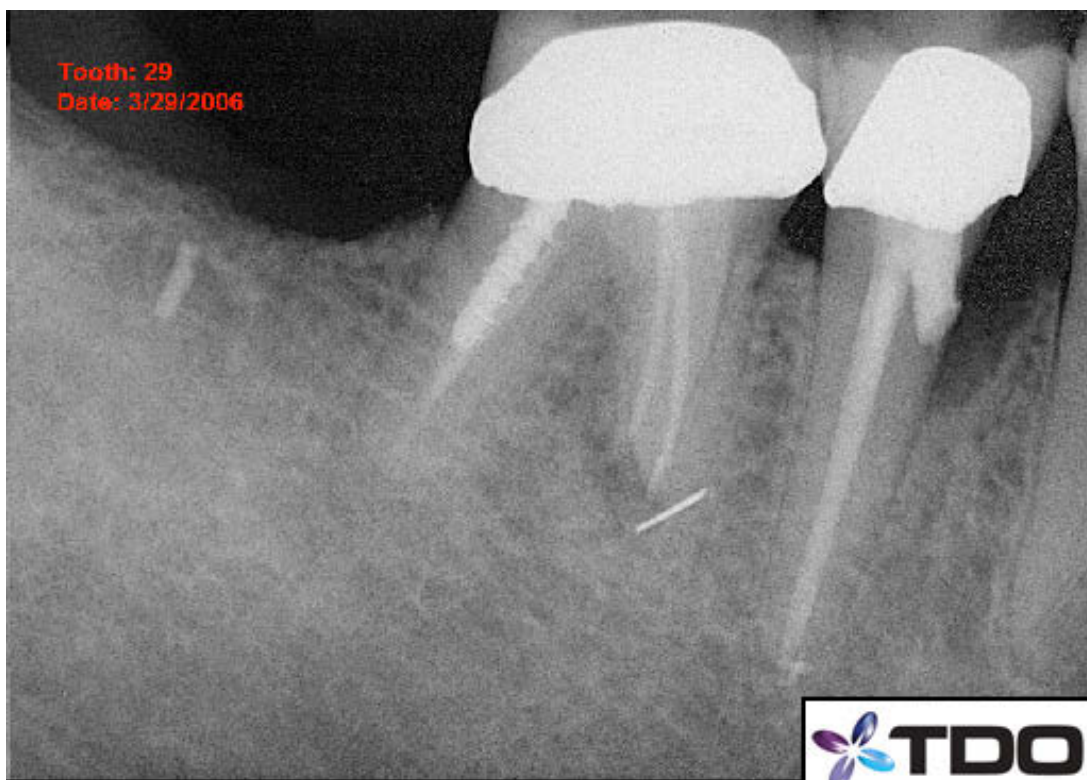


Abb. 75: Die Recall-Röntgenaufnahme vom 29.03.2006 zeigt eine Zunahme der Läsion verglichen mit dem ersten Recall.

Behandlungsfall #9

Geburtsdatum des Patienten: 01.08.1948	Datum Behandlungsbeginn: 07.09.2003
Geschlecht des Patienten : Männlich	Datum Behandlungsende: 13.10.2003
Behandler: Raphael Bellamy (R.B.)	Datum des letzten Recall: 12.03.2007

- A. Zahn (ISO #):** 12 **B. Kategorie:** Subkrestale Wurzel-perforation durch WK-Instrumente

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Nicht verfügbar.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung:

Es lag keine extraorale Schwellung vor. Es lag eine Klasse I-Okklusion mit einem leichten Engstand der Unterkieferfront vor. Die Gingiva war entzündlich verändert. Die Sondierungstiefen betrugen im oberen Frontzahnbereich 3-4 mm mit Blutung. Der wurzelkanalbehandelte Zahn 12 war verfärbt und durch die Perforation war die extrudierte Guttapercha eindeutig unter der befestigten Gingiva zu erkennen (siehe Foto). Die Perforation nach labial war offensichtlich.

Durchgeführte Tests:

Zahn	13	12	11
EPT	30/80	80/80	17/80
Kälte	+	-	+
Hitze	-	+++	-
Palpation	-	+	-
Perkussion	-	+	-
Lockerung	1	1	1

Radiologischer Befund:*07.09.2003:*

Verschiedene angefertigte Röntgenbilder bestätigten die Präsenz von Guttapercha labial des Zahnes 12. Es war eine anteriore Kompositfüllung vorhanden. Distal des Zahnes 12 war ein Verlust an krestaler Knochenhöhe ersichtlich. Die Wurzel des Zahnes zeigte eine Krümmung nach distal und es war eine Radioluzenz an der mesio-lateralen Wurzelfläche erkennbar, was auf ein zusätzliches laterales Kanalsystem hindeutet.

*RCS-Score: 2**LRF-Score: 2**HRF-Score: 1**RF-Score: 5**PAI-Score: 1**RPI-Score: 4**22.09.2003:*

Es wurden Röntgenaufnahmen angefertigt, um den passgenauen Sitz des Guttapercha-Masterpoints (tugback) und des Downpacks zu bestätigen.

Postoperative Aufnahme vom 13.10.2001:

Es war eine persistierende Aufhellung mesial des Zahnes 12 mit einer geringen Extrusion von Wurzelkanalfüllpaste zu erkennen. Der Zahn war optimal wurzelkanalbehandelt, wobei wie vermutet ein laterales Kanalsystem gefüllt wurde.

*RCS-Score: 1**LRF-Score: 1**HRF-Score: 1**RF-Score: 1**PAI-Score: 2**RPI-Score: 3***E. Diagnose:***Pulpal:* Pulpa entfernt*Periradikulär:* Chronische periradikuläre Parodontitis

Perforation:

1. Lage: Subkrestal
2. Größe: Mittel
3. Vorheriger Repair: Nein

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung und operative Entfernung der extrudierten Guttapercha

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Krone

Prognose: Günstig

G. Therapie:

07.09.2003:

Nach einer kombinierten intraligamentären und Infiltrations-Anästhesie wurde Kofferdam angelegt. Die Komposit-Füllung wurde hochtourig rotierend entfernt. Die Guttapercha wurde lokalisiert und schien distal der Längsachse des Zahnes zu liegen. Der Wurzelkanal befand sich mesial der Guttapercha und wurde in situ belassen. Unter alternierender Spülung mit NaOCl 5,25 % und H₂O₂ 3 % alternierend. Nach manueller und maschineller Aufbereitung des Wurzelkanals und nachfolgender Abschluss-Spülung mit 17 % EDTA für 1 min, dann 2 % Chlorhexidin und Isopropylalkohol. Trocknung erfolgte die Anpassung des Masterpoints. Der korrekte Sitz wurde röntgenologisch überprüft. Nach Einbringen von Kerr *Pulp Canal Sealer EWT* mittels Guttapercha-Masterpoint erfolgte der Downpack mit nachfolgender röntgenologischer Überprüfung. Back pack mittels *Obtura*-System (Obtura Spartan Endodontics, Algonquin, IL, USA) bis zum zervikalen Rand um eine Verlegung des Kanals mit MTA beim nächsten Besuch zu verhindern. Temporärer Verschluss mit CP und *Cavit G*. Gingivektomie mit "*Blake's Gingivectomy knife*" im 45° Winkel 2 mm labial an Zähnen 11 bis 13. Die

Perforation erfolgte nah am krestalen Knochen labial an Zahn 12. Die Blutung wurde gestillt.

07.09.2003:

Nach telefonischer Rückfrage ging es dem Patienten gut. Das Zahnfleisch war noch etwas empfindlich.

29.09.2003:

Der Perforations-Verschluss erfolgte mit MTA. Der Patient war schmerzfrei und zeigte keine Perkussionbeschwerden. Die Heilung der Gingiva war problemlos. Nach der Infiltrationsnästhesie erfolgte das Anlegen von Kofferdam. Der temporäre Verschluss wurde entfernt und die Guttapercha bis auf Höhe der Perforation entfernt. Umgebendes Dentin wurde geglättet und die Kavität mit NaOCl (5,25 %) gespült. Weißes MTA (*ProRoot MTA*, Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) wurde mittels eines Dovgan MTA-Carriers (Quality Aspirators, Duncanville, TX, USA) in den Perforationsdefekt eingebracht und die Kavität nachfolgend mittels eines nassen Wattepellets und Cavit provisorisch verschlossen. Die extrudierte Guttapercha wurde nicht entfernt, damit das MTA aushärten konnte.

13.10.2003:

Der Patient hatte keine postoperativen Beschwerden und auch beim Perkussionstest zeigte der Zahn 12 keinerlei Beschwerden. Die gingivale Heilung war abgeschlossen. Eine leichte Rezession war vestibulär vorhanden und weisses MTA (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) war sichtbar und vollständig ausgehärtet. Nach Infiltrationsanästhesie wurde ein Kofferdam angelegt. Nach Kanaleingangs-darstellung und vollständiger Entfernung der alten Kompositrestauration wurden die Kanten geglättet und das Wattepellet entfernt. Die Guttapercha wurde bis 10 mm zum Apex entfernt. Nach Stiftkanalbohrung zur Aufnahme eines Glasfaserstiftes (#1 *DT Light Post*, VDW GmbH, München)) wurde der Wurzelaufbaustift passend gekürzt. Die Kavität wurde mit Orthophosphorsäure 35 % geätzt, mittels Stropko Irrigator (Analytic Endodontics, Sybron Dental Specialties, Inc., Orange, CA, USA) und dünner Nadel gepült und getrocknet. Nach adhäsiver Vorbehandlung mit *One-Step Bond* (Bisco, Schaumburg, IL, USA) und Trocknung wurde der Glasfaserstift mit *Build-It* (Pentron Corp., Wallingford, CT, USA) eingesetzt und das Material an die Kavität mit durchsichtiger Matritze adaptiert. Nach Lichthärtung wurde die

Restauration geglättet und anschließend poliert. Nach Entfernung des Kofferdams und Okklusionskontrolle erfolgte die endgültige Lichthärtung (40 s). Das MTA wurde subgingival geglättet. Nach Spülung mit Chlorhexidin erfolgte eine vertikale Inzision mit #15 Skalpell und Entfernung der extrudierten Guttapercha mit zahnärztlicher Pinzette. Die Blutung wurde gestillt und eine Röntgenaufnahme angefertigt. Die Weiterversorgung erfolgte beim Hauszahnarzt.

13.10.2003:

Es erfolgte ein abendliches Telefonat wobei der Patient zufrieden war und keine Anzeichen von Beschwerden zeigte.

14.10.2003:

Im Telefonat mit dem Hauszahnarzt wurde geraten, den Zahn mit einer Krone zu versorgen, deren Rand labial die Perforationsdeckung vollständig fassen sollte.

H. Recall:

02.02.2004:

Der Patient kam frühzeitig zum Recall weil ein Stück des Zahns abgebrochen war. Der Befund zeigte, dass die distale Schmelzecke frakturiert war. Der Stiftaufbau war intakt und der Zahn war asymptomatisch. Perkussion und Palpation waren negativ. Es gab keine auffällige Lockerung. Eine Vernarbung war sichtbar. MTA gerade am Margo gingivae erkennbar. Die Sondierungstiefen betrugen 2 mm, labial nur 1 mm und es bestand eine Tendenz zu einer leichten gingivalen Blutung. Der Patient wurde an den Hauszahnarzt überwiesen.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 2

13.10.2004:

Der Zahn war asymptomatisch. Perkussion und Palpation waren negativ. Die Sondierungstiefen waren lingual und palatinal 1 mm, mesial und distal 2 mm und es

lag eine Blutung bei Sondierung vor. Der Zahn war noch nicht mit einer Krone versorgt. Es lag kein pathologischer Lockerungsgrad vor.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 1</i>	<i>RPI-Score: 2</i>

12.03.2007:

Der Zahn war erneut asymptomatisch, Perkussion und Palpation negativ. Die Sondierungstiefen betrugen lingual und palatinal 1 mm, mesial und distal 2 mm und es lag weiterhin eine Blutung bei Sondierung vor. Der Zahn war nun mit einer Stiftkrone versorgt. Ein pathologischer Lockerungsgrad war nicht feststellbar.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 1</i>	<i>RPI-Score: 2</i>

I. Epikrise:

Der Zahn 12 wurde 2009 extrahiert. Obwohl der Zahn noch 6 Jahre erhalten werden konnte, wurde diese Behandlung als Misserfolg gewertet. Inzwischen war der Patient mit einem Implantat versorgt worden. Warum der Zahn letztendlich entfernt wurde, konnte leider nicht abschließend geklärt werden. Klar ist aber, dass es sich hier um eine Perforationsdeckung im sichtbaren und damit ästhetisch relevanten Bereich handelte. Da es sich in dieser Hinsicht um eine Behandlung mit gewissen Einschränkungen handelte, könnte dies auch der Grund für die Extraktion gewesen sein. Ausserdem wurde der Zahn mittels einer Stiftkrone restauriert, was unter Umständen auch zum Misserfolg geführt haben könnte. Hier ist mit Sicherheit die Art der koronalen Restauration zu diskutieren. Da es sich um einen klassischen Metallstift gehandelt hatte, der aller Wahrscheinlichkeit nach konventionell zementiert worden ist, besteht die Möglichkeit, dass der ohnehin schon durch die Perforation in seiner Substanz geschwächte Zahn auch durch einwirkende extra-axiale Kräfte weiter geschächt wurde und möglicherweise auch aufgrund einer

Wurzellängsfraktur entfernt worden ist. Letztlich kann nicht mehr zweifelsfrei geklärt werden, ob die Ursache endodontisch oder prothetisch war.

J. Röntgenbilder/Fotodokumentation

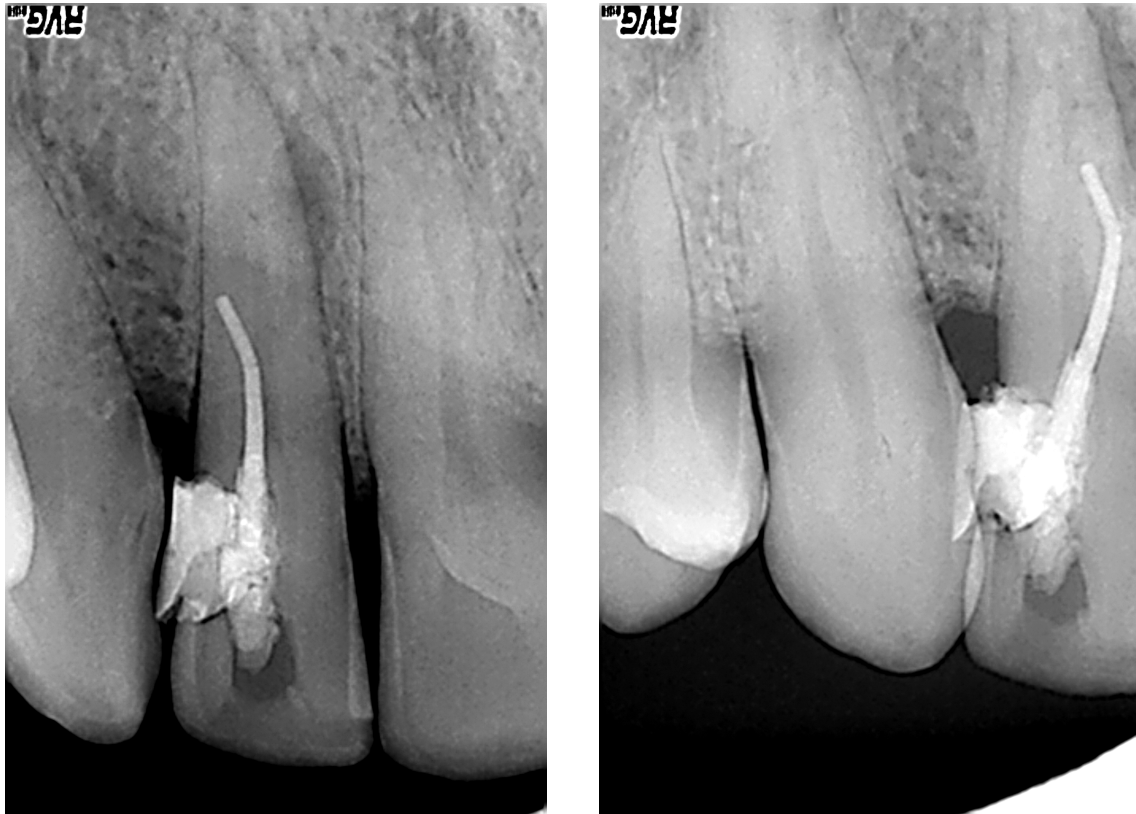


Abb. 76: Die prä-operative orthoradiale (links) und exzentrische Röntgenaufnahme vom 07.09.2003 (**Abb. 77**, rechts) zeigen die insuffiziente Wurzelkanalfüllung an Zahn 12.

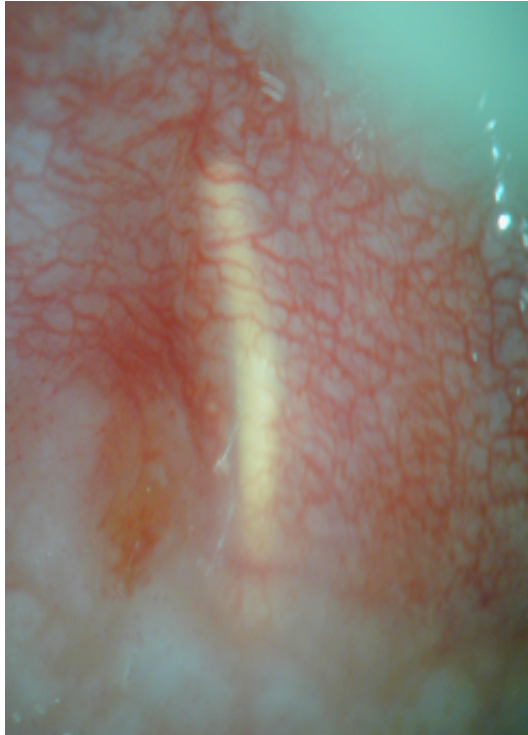


Abb. 78: Transgingival sichtbare, durch die Perforation hindurch extrudierte Guttapercha (Ansicht von labial).



Abb. 79: Die intra-operative Aufnahme vom 22.09.2003 nach Anlegen des korrekten Zugangs zum Wurzelkanal sowie Darstellung des inkorrekt instrumentierten, mit Guttapercha gefüllten, vermeintlichen Wurzelkanals.

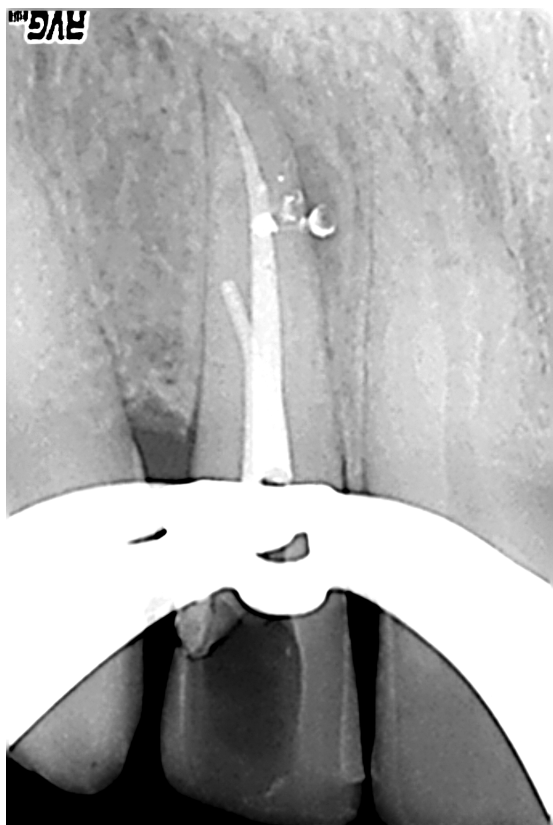


Abb. 80: Kontrollaufnahme nach erfolgreichem Downpack mit Sealerextrusion in den Bereich der lateralen knöchernen Läsion mesial von Zahn 12.



Abb. 81: Post-operative Aufnahme vom 13.10.2003 nach koronalem Verschluss.



Abb. 82: Chirurgischer Zugang zur apikal extrudierten Guttapercha vor Entfernung.

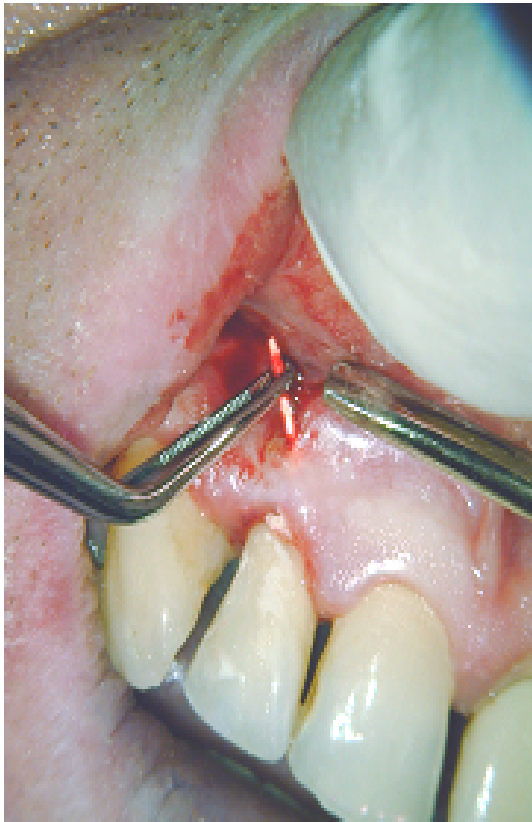


Abb. 83: Entfernung der extrudieren Guttapercha über den apikalen Zugang.

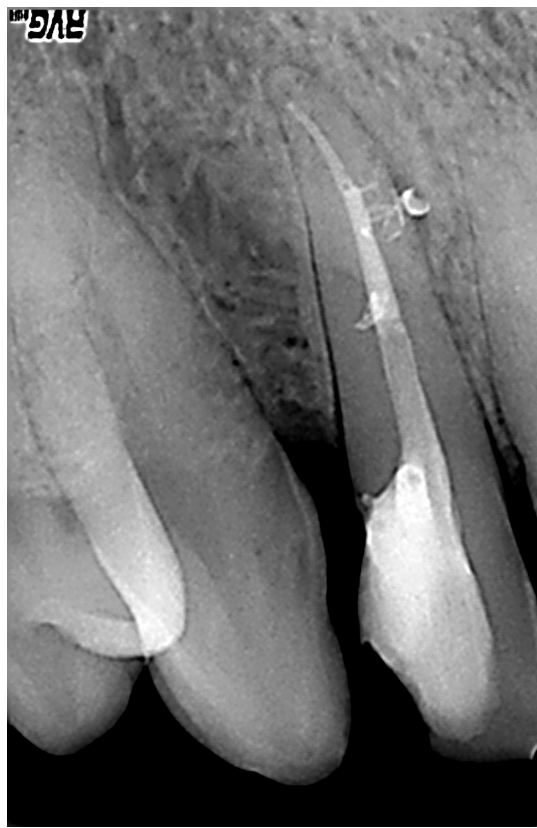


Abb. 84 (links): Das Recall-Röntgenbild (02.02.2004) zeigt eine weitgehende knöcherne Regeneration. **Abb. 81 (rechts):** Auch in der zweiten Recall-Aufnahme vom 02.02.2004 ist die Regeneration klar erkennbar.

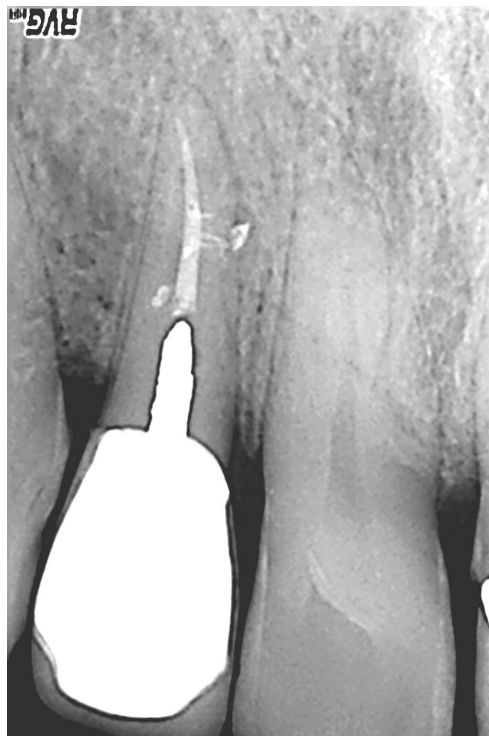


Abb. 85 (links): Klinische, reizlose intra-orale Situation am 12.03.2007.

Abb. 86 (rechts): Das Recall-Röntgenbild vom 12.03.2007 zeigt eine vollständige Ausheilung sowie eine koronale Restauration des Zahns 12 mittels Stiftkrone.

Behandlungsfall #10

Geburtsdatum des Patienten: 12.12.1948

Datum Behandlungsbeginn: 25.11.2003

Geschlecht des Patienten : Männlich

Datum Behandlungsende: 16.12.2003

Behandler: Sashi Nallapati (S.N.)

Datum des letzten Recalls: 16.09.2008

A. Zahn (ISO #): 36

B. Kategorie: Große furkale Perforation
durch Bohrer

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Nicht verfügbar.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung:

Nicht verfügbar.

Radiologischer Befund:

25.11.2003:

Es waren diffuse Aufhellungen im Bereich beider Wurzelspitzen und furkal an Zahn 36 festzustellen. Der Zahn war nicht wurzelkanalbehandelt und war mit einer Krone und einer röntgendichten Füllung (Amalgam) im Bereich des Zahnhalses versorgt.

RCS-Score: 2

LRF-Score: Ø

HRF-Score: Ø

RF-Score: Ø

PAI-Score: 2

RPI-Score: 3

Postoperative Aufnahme vom 16.12.2003:

Der Zahn 36 wies eine Wurzelkanalfüllung auf. Es war röntgendichtes Material im Bereich der Perforation erkennbar. Die Aufhellungen waren weiterhin persistent.

*RCS-Score: 2**LRF-Score: 1**HRF-Score: 1**RF-Score: 1**PAI-Score: 2**RPI-Score: 3***E. Diagnose:***Pulpal:* Pulpa entfernt*Periradikulär:* Akute apikale Parodontitis*Perforation:*

1. Lage: Subkrestal
2. Größe: Groß
3. Vorheriger Repair: Nein

F. Behandlungsplan:*Empfohlen:* Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung*Alternative:* Extraktion, Brücke, Implantat*Restaurativ:* Krone*Prognose:* Schlecht**G. Therapie:**

Die Perforation wurde am 25.11.2003 mit dem klassischen grauen *ProRoot MTA* (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) versorgt. Der Wurzelkanal wurde nach der klassischen Schilder-Technik aufbereitet und Calciumhydroxid appliziert, bevor der Wurzelkanal am 16.12.2003 obturiert wurde.

H. Recall:

Recall-Aufnahme vom 30.11.2004:

Palpation - , Perkussion - , Lockerungsgrad 1.

<i>RCS-Score: 2</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 2</i>	<i>RPI-Score: 2</i>

Recall Aufnahme vom 15.06.2006:

Palpation - , Perkussion - , Lockerungsgrad 1.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 2</i>	<i>RPI-Score: 2</i>

Recall Aufnahme vom 16.09.2008:

Palpation - , Perkussion - , Lockerungsgrad 1.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 4</i>	<i>RPI-Score: 3</i>

I. Epikrise:

Zahn 36 wurde nach 5 Jahren wegen eines entzündlichen Prozesses im Bereich der mesialen Wurzelspitze und der kleinen Aufhellung im Bereich der Furkation als Misserfolg gewertet. Nach Rücksprache mit Dr. Nallapati sollte die mesiale Wurzel endodontisch revidiert werden, da diese unter Umständen noch nicht optimal behandelt wurde. Der Zahn verhielt sich aber klinisch unauffällig.

J. Röntgenbilder / Fotodokumentation

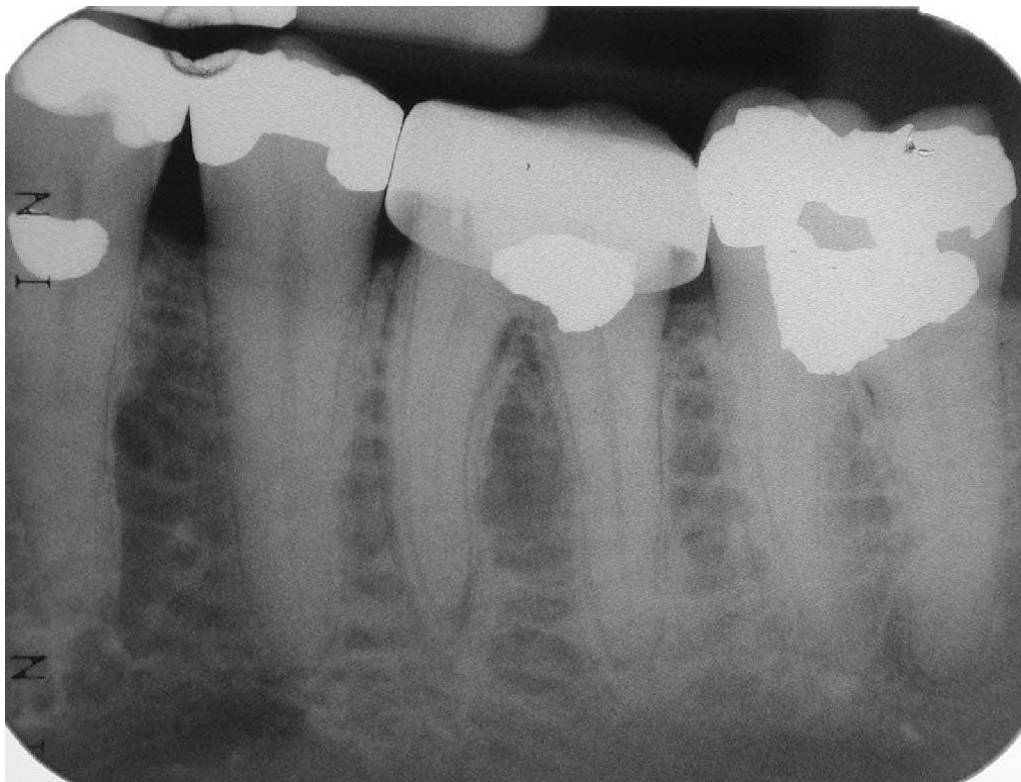


Abb. 87: Die prä-operative Aufnahme vom 25.11.2003 zeigt eine dezente interradikuläre Knochenläsion sowie eine periradikuläre Transluzenz im Bereich der mesialen Wurzeln von Zahn 36.



Abb. 88: Die intra-operative Aufnahme vom 25.11.2003 zeigt die furkale Perforation nach orthograder Darstellung.

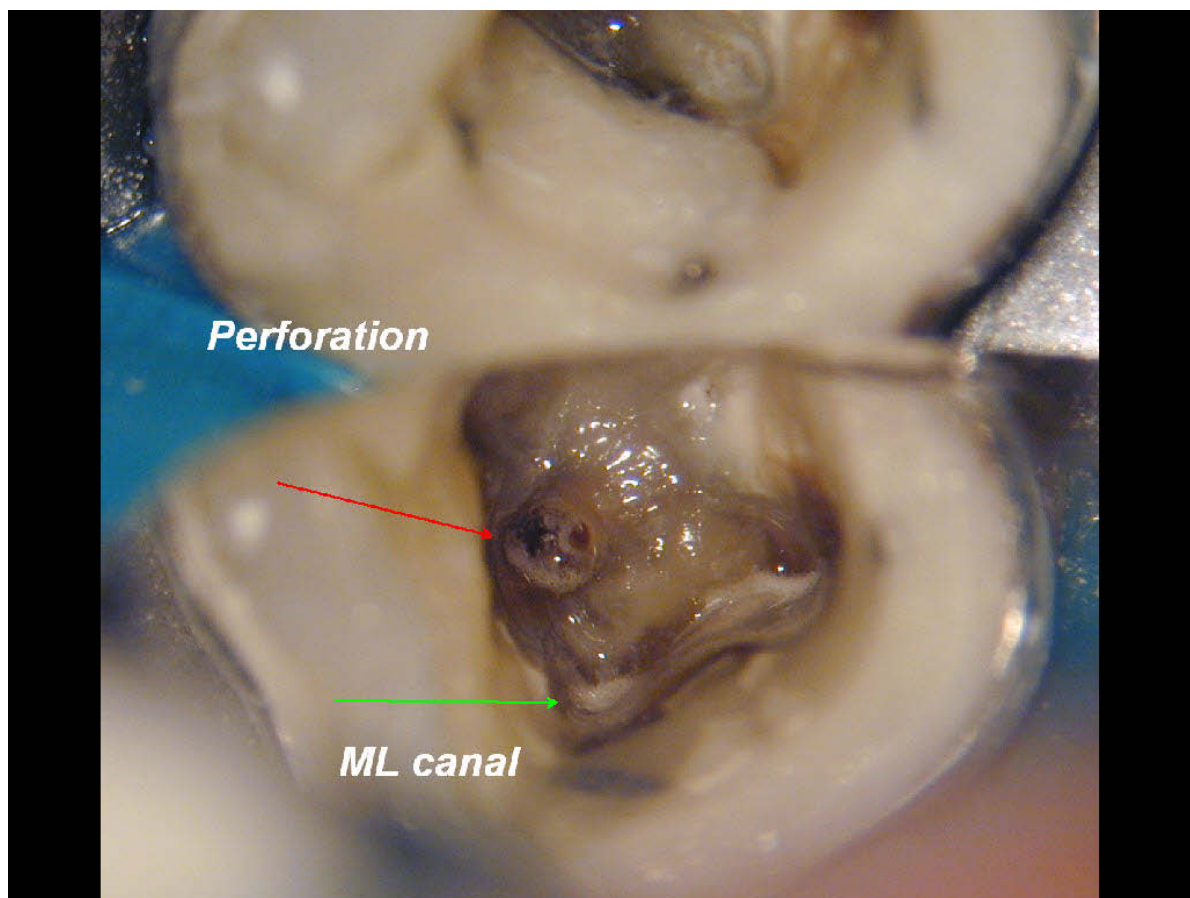


Abb. 89: Orthograde Darstellung der furkalen Perforation an Zahn 36.



Abb. 90: Situation nach Spülung der Wurzelkanäle.

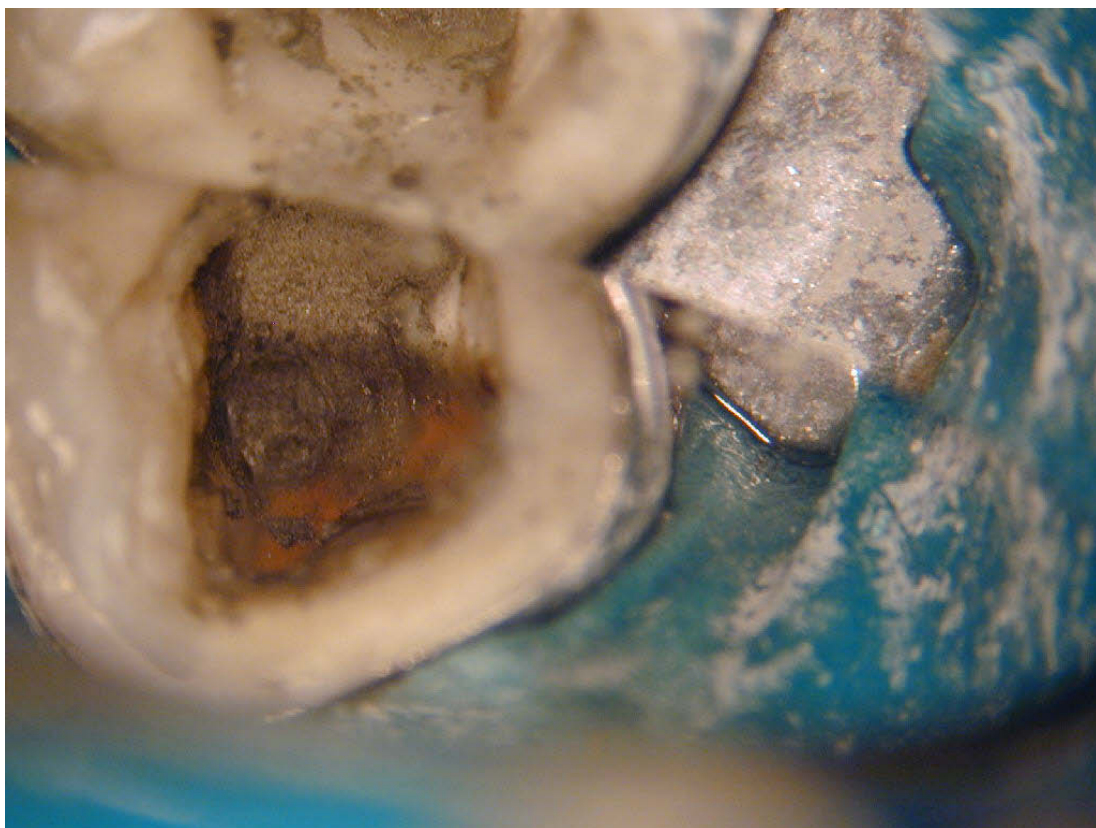


Abb. 91: Situation nach Perforationsdeckung mit MTA gray.

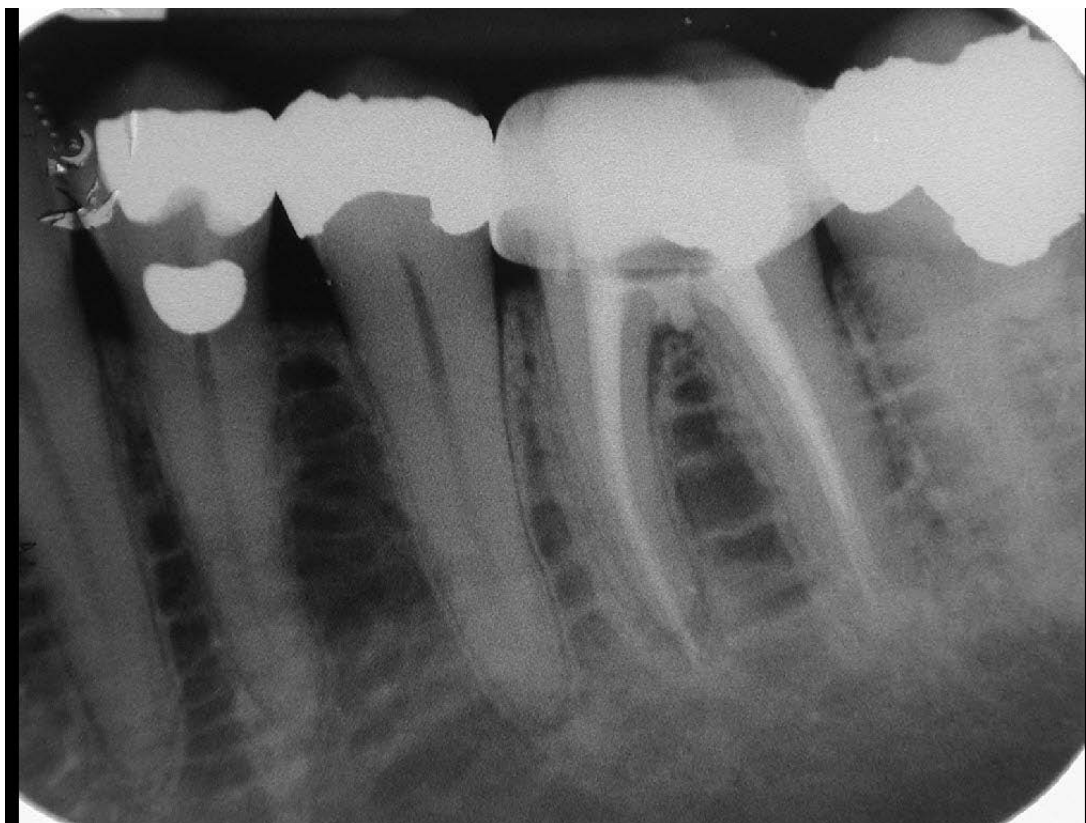


Abb. 92: Röntgenkontroll-Aufnahme vom 16.12.2003 nach Obturation der Wurzelkanäle. Die erfolgte Perforationsdeckung mittels MTA ist klar erkennbar.

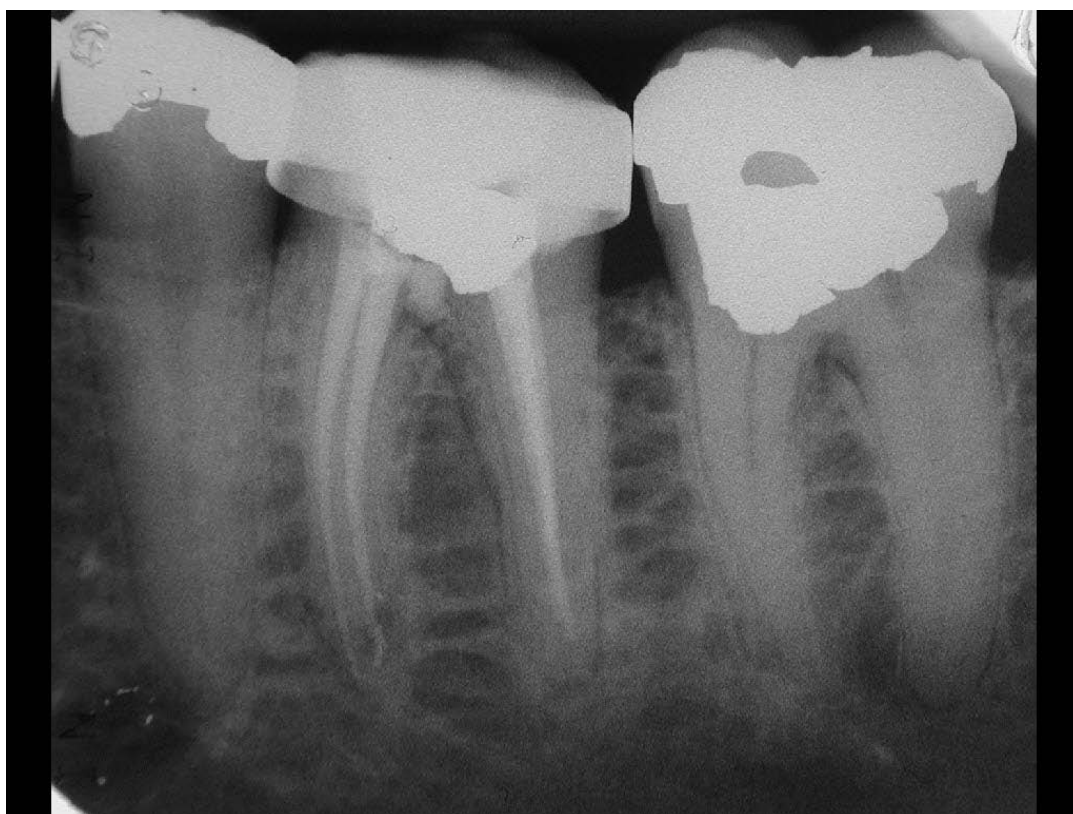


Abb. 93: Die Recall-Röntgenaufnahme vom 30.11.2004 zeigt eine weitgehende Ausheilung der knöchernen Läsion.

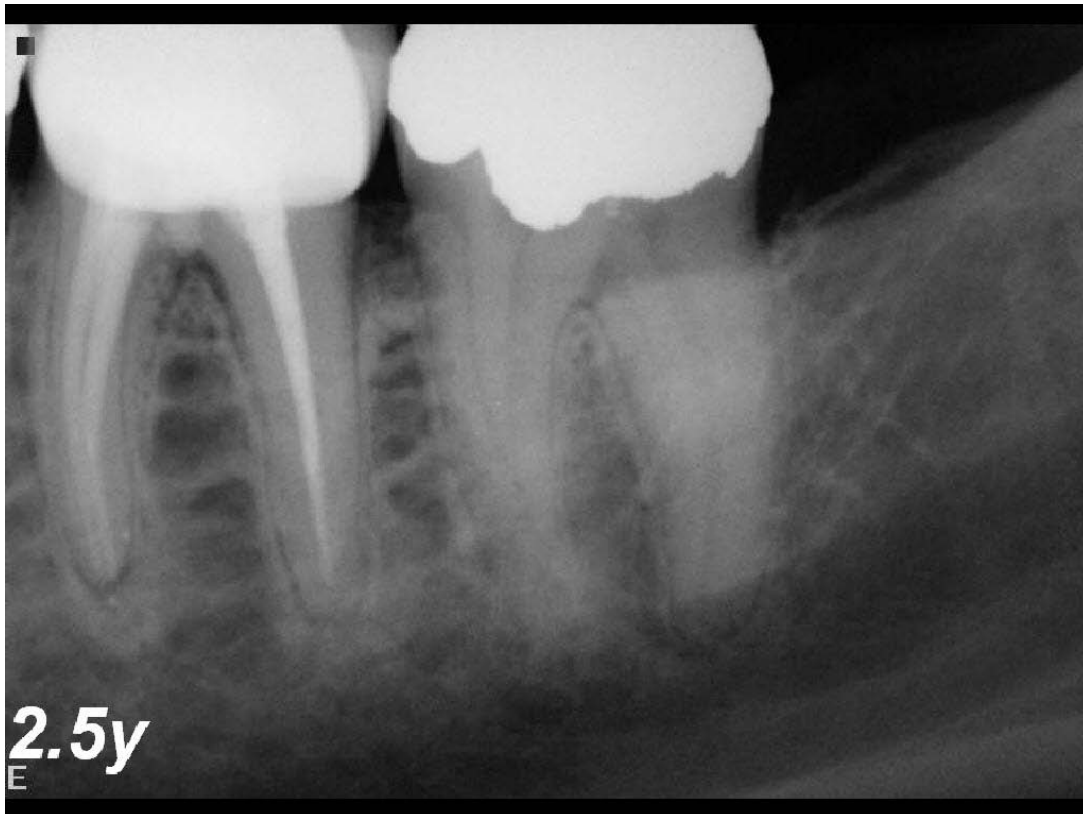


Abb. 94: Die Endo-Recallaufnahme vom 15.06.2006 zeigt eine weitgehende Ausheilung periapikal sowie furkal.



Abb. 95: Die Recall-Röntgenaufnahme vom 16.09.2008 zeigt eine neu entstandene periapikale Transluzenz im Bereich der mesialen Wurzel von Zahn 36.

Behandlungsfall #11

Geburtsdatum des Patienten: 25.03.1954	Datum Behandlungsbeginn: 20.04.2005
Geschlecht des Patienten : Weiblich	Datum Behandlungsende: 09.05.2005
Behandler: Oliver Pontius (O.P.)	Datum des letzten Recall: 31.03.2008

- A. Zahn (ISO #):** 11 **B. Kategorie:** Stripperforation durch einen Wurzelstift

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Die Patientin erlitt im Alter von 16 Jahren ein Frontzahntrauma. Der Zahn verfärbte sich und wurde circa 1990 endodontisch behandelt und mit einem Wurzelstift versorgt (die Patientin konnte keine genauen Angaben machen), der eine große Stripperforation verursachte. Die Patientin ist zur Therapie einer generalisierten chronischen Parodontitis in Behandlung bei Frau Dr. Hernichel-Gorbach (Wiesbaden).

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung vom 20.04.2005:

Zahn 11 war leicht perkussions- und palpationsempfindlich, verhielt sich aber im Alltag asympomatisch. Sondierungstiefen an Zahn 11: M 4 mm, B 6 mm, D 4 mm, P 4 mm.

Durchgeführte Tests:

Zahn	12	11	21
Kälte	+	-	+
Palpation	-	+	-
Perkussion	-	+	-

Radiologischer Befund vom 20.04.2005:

Zahn 11 war mit einem langen, schraubenförmigen Wurzelstift versorgt, wodurch eine Perforation der Wurzel nach bucco-distal erfolgte. Eine Wurzelkanalfüllung war nicht ersichtlich. Apikal und distal war röntgenologisch eine Aufhellung erkennbar.

<i>RCS-Score:</i> 1	<i>LRF-Score:</i> Ø	<i>HRF-Score:</i> Ø
<i>RF-Score:</i> Ø	<i>PAI-Score:</i> 3	<i>RPI-Score:</i> 3

E. Diagnose:

Pulpal: Nekrotische Pulpa

Periradikulär: Chronische apikale Parodontitis

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung, eventuell GTR

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Aufbau, Stift, Krone

Prognose: Eingeschränkt

G. Therapie: Behandlungsdokumentation

20.04.2005:

Unter Kofferdam wurde zunächst der Wurzelstift entfernt (Entfernung mit Ultraschall/ *Carr-Tip/ Ruddle Post Removal System* (Analytic Endodontics, Sybron Dental Specialties, Inc., Orange, CA, USA), sehr zeitaufwendig und feststehend). Um unter optimal aseptischen Bedingungen weiterarbeiten zu können, wurde eine adhäsive Aufbaufüllung gelegt. Daraufhin erfolgte die Wurzelkanalaufbereitung, gefolgt von der Perforationsdeckung mit Calciumsulfat gegen eine Matrice (*Capset*).

Die medikamentöse Einlage erfolgte mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$, der provisorischer Verschluss mit *Cavit*. Das Provisorium wurde temporär zementiert und mit Zahn 21 verklebt.

09.05.2005:

Die Sondierungstiefe betrug im Bereich der Perforation bukkal 7 mm. Deshalb erachtete O.P. eine Flap-OP mit Guided Tissue Regeneration durch Dr. Hernichel-Gorbach für notwendig. Das Provisorium wurde entfernt, ein Kofferdam gelegt und ein Cleaning & Shaping nach Schilder durchgeführt. Daraufhin erfolgten die Wurzelkanalfüllung und eine erneute Perforationsabdeckung mit *Cavit*. Nachdem das Dentin mit einem Bondingsystem (*Optibond FL*) konditioniert wurde, wurde ein Wurzelstift (*DT Light Post #1*) mit Panavia adhäsiv zementiert und der Zahn anschließend mit plastischer Keramik (*Tetric Ceram*) aufgebaut. Das Provisorium wurde unterfüttert und mit *Temp Bond* wieder eingesetzt.

10.10.2005:

Eine Guided Tissue Regeneration wurde von Frau Dr. Hernichel-Gorbach durchgeführt.

H. Recall:

09.11.2005:

Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig und weder palpations-, noch perkussionsempfindlich oder mobil. Es war kein Fistelgang vorhanden. Sondierungstiefen: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 3 mm. Eine koronale Leakage war nicht erkennbar. Die Läsion des Knochens um die Perforation war im Röntgenbild noch deutlich erkennbar. Die Prognose war nach dem Röntgenbild deutlich eingeschränkt.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 1

21.07.2006:

Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig und weder palpations-, noch perkussionsempfindlich oder mobil. Es war kein Fistelgang vorhanden. Sondierungstiefen: M 3 mm, B 3 mm, D 3 mm, P 3 mm. Eine koronale Leakage war nicht erkennbar. Die Läsion des Knochens um die Perforation war im Röntgenbild nicht mehr erkennbar. Ein generalisierter horizontaler Knochenabbau konnte festgestellt werden. Zahn 11 hatte Lockerungsgrad 1-2.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 1

17.08.2007:

Der Zahn war asymptomatisch und funktionstüchtig und weder palpations-, noch perkussionsempfindlich oder mobil. Es war kein Fistelgang vorhanden. Sondierungstiefen: M 3 mm, B 6 mm, DB 5 mm, D 3 mm, P 3 mm, MP 5 mm. Eine koronale Leakage war nicht erkennbar. Die Läsion des Knochens im Perforationsbereich war im Röntgenbild nicht mehr erkennbar. Ein generalisierter horizontaler Knochenabbau konnte festgestellt werden. Zahn 11 hatte Lockerungsgrad 1-2. Labial im Bereich der alten Perforation fiel die Sondierungstiefe von 6 mm mit Blutung auf. Der Fall wurde von O.P und Frau Dr. Hernichel-Gorbach reevaluiert.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 1

RPI-Score: 1

31.03.2008:

Zahn 11 wurde bei Frau Dr. Hernichel-Gorbach extrahiert.

I. Epikrise:

Hier handelte es sich um eine extrem lange Stripperforation mit Knocheneinbruch (Taschentiefe von 6 mm bukkal) in Kombination mit einer generalisierten chronischen Parodontitis. Damit hatte dieser Zahn von vornherein eine schlechte Prognose. Nach Perforationsdeckung, Wurzelkanalbehandlung und -füllung und definitiver Restauration konnte die parodontale Situation nach Guided Tissue Regeneration am 10.10.2005 durch die PA-Spezialistin Dr. Hernichel-Gornach verbessert werden (Sondierungstiefe an Zahn 11 bukkal von 3 mm). Allerdings fiel am 17.08.2007 wieder eine Sondierungstiefe von 6 mm bukkal auf. Daraufhin wurde der Fall reevaluiert und der Zahn schließlich extrahiert. Sicherlich zeit- und kostensparender wäre hier eine Implantatversorgung gewesen, doch ist eine ästhetische Implantatversorgung im Frontzahnggebiet immer schwierig zu erreichen. An diesem Fall darzustellen ist die mit zweidimensionalem Röntgen fehlende Diagnostik entzündlicher Läsionen im bukkalen Bereich. Sowohl PAI als auch RPI waren beim Recall unauffällig, erst die Sondierung zeigte den Defekt. Hier hätte ein DVT schon früher eine Läsion gezeigt.

J. Röntgenbilder/Fotodokumentation



Abb. 96: Das prä-operative Röntgenbild vom 18.03.2005 zeigt eine durch das falsche Setzen eines Stiftes bedingte Perforation.

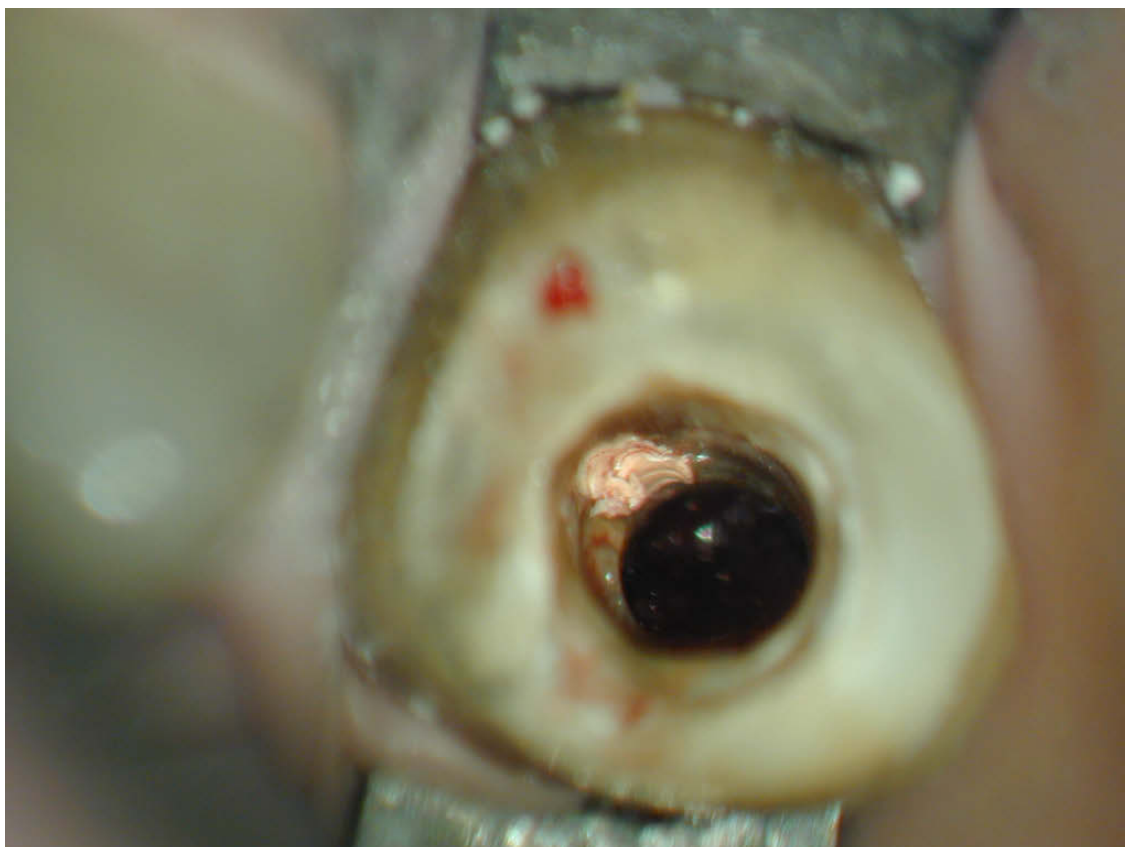


Abb. 97: Klinische Aufnahme vom 20.04.2005 nach koronalem Zugang zur insuffizienten Wurzelkanalfüllung von Zahn 11.



Abb. 98: Klinische Aufnahme vom 20.04.2005 nach Schaffung des korrekten Zugangs zum Wurzelkanal von Zahn 11.

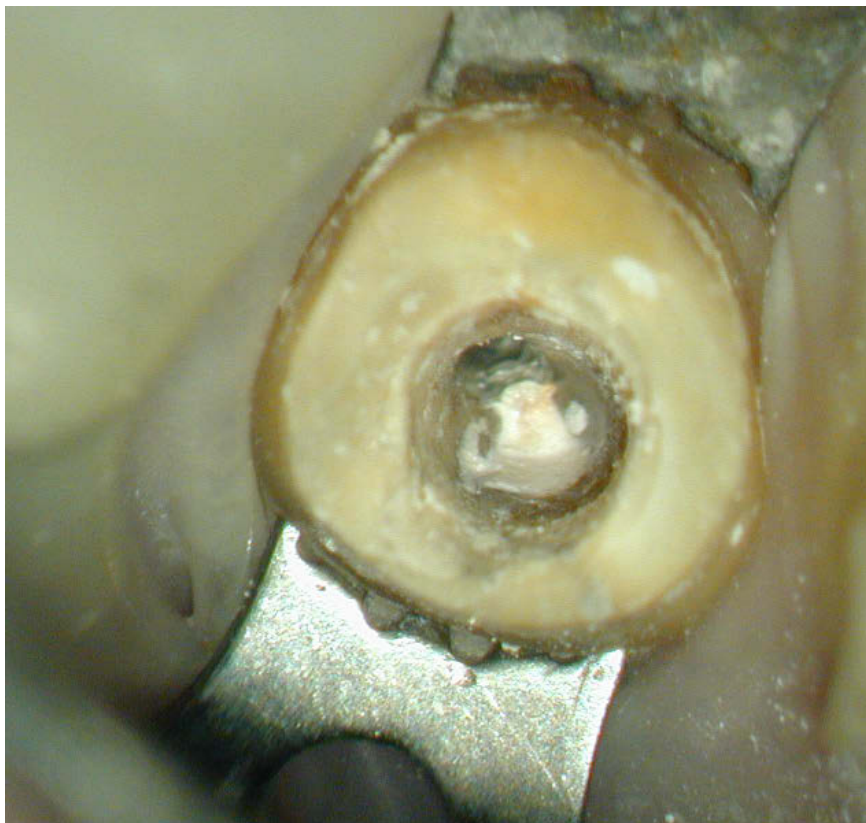


Abb. 99: Situation nach Perforationsverschluss vor Obturation des Wurzelkanals am 09.05.2005.

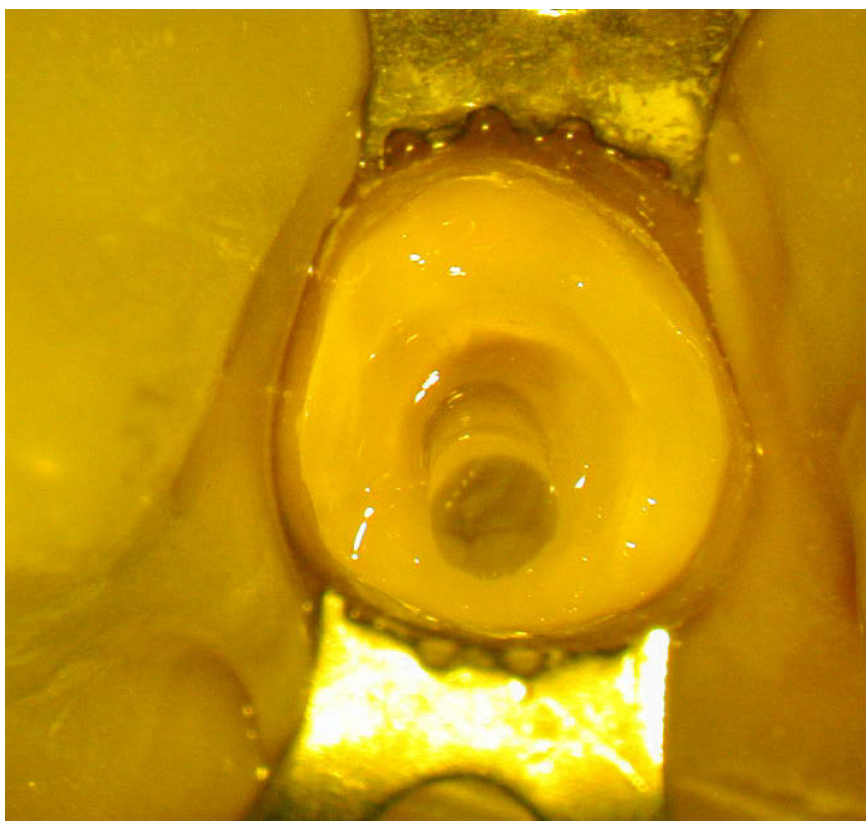


Abb. 100: Situation während der adhäsiven Befestigung eines Glasfaserstiftes in Zahn 11 (09.05.2005)

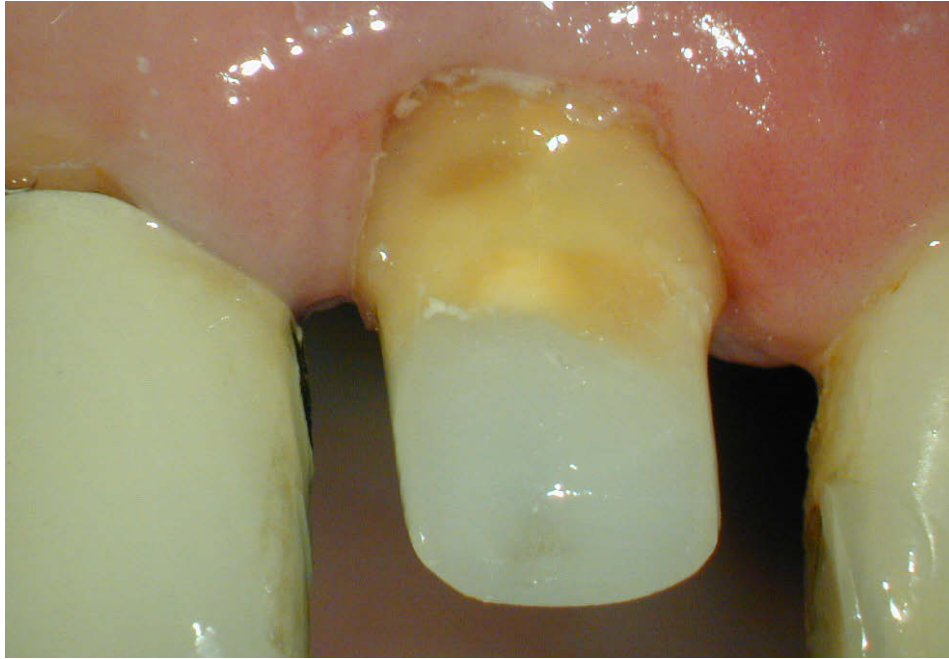


Abb. 101: Klinische Situation nach erfolgtem adhäsiven Aufbau (09.05.2005)



Abb. 102: Röntgenkontroll-Aufnahme nach Perforationsverschluss, Obturation und Stiftzementierung mit nachfolgendem Kompositaufbau (09.05.2005)



Abb. 103: Die Sondierung am 10.10.2005 ergab die Indikation zur GTR bei Fr. Dr. Edith Hernichel-Gorbach, Wiesbaden.

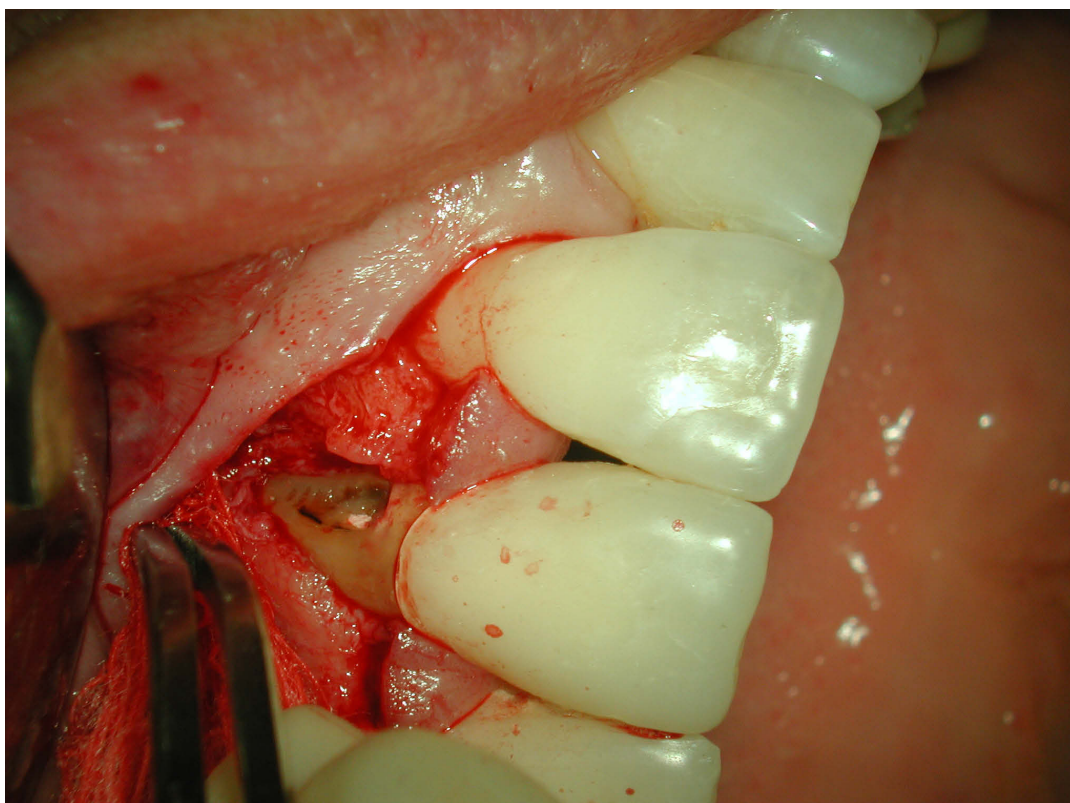


Abb. 104: Klinische Situation nach Zugang zur Perforationsstelle (10.10.2005)

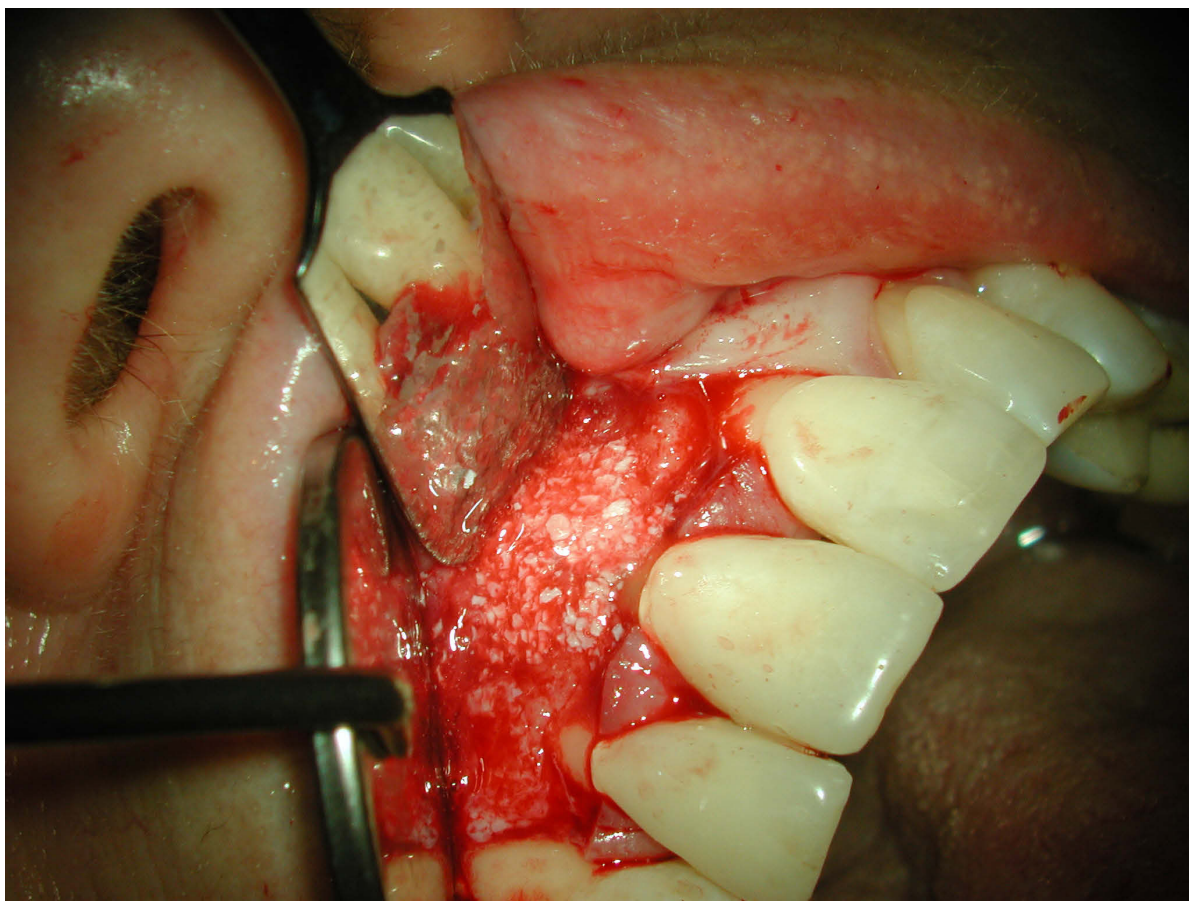


Abb. 105: Klinische Situation nach Präparation eines Lappens (10.10.2005)

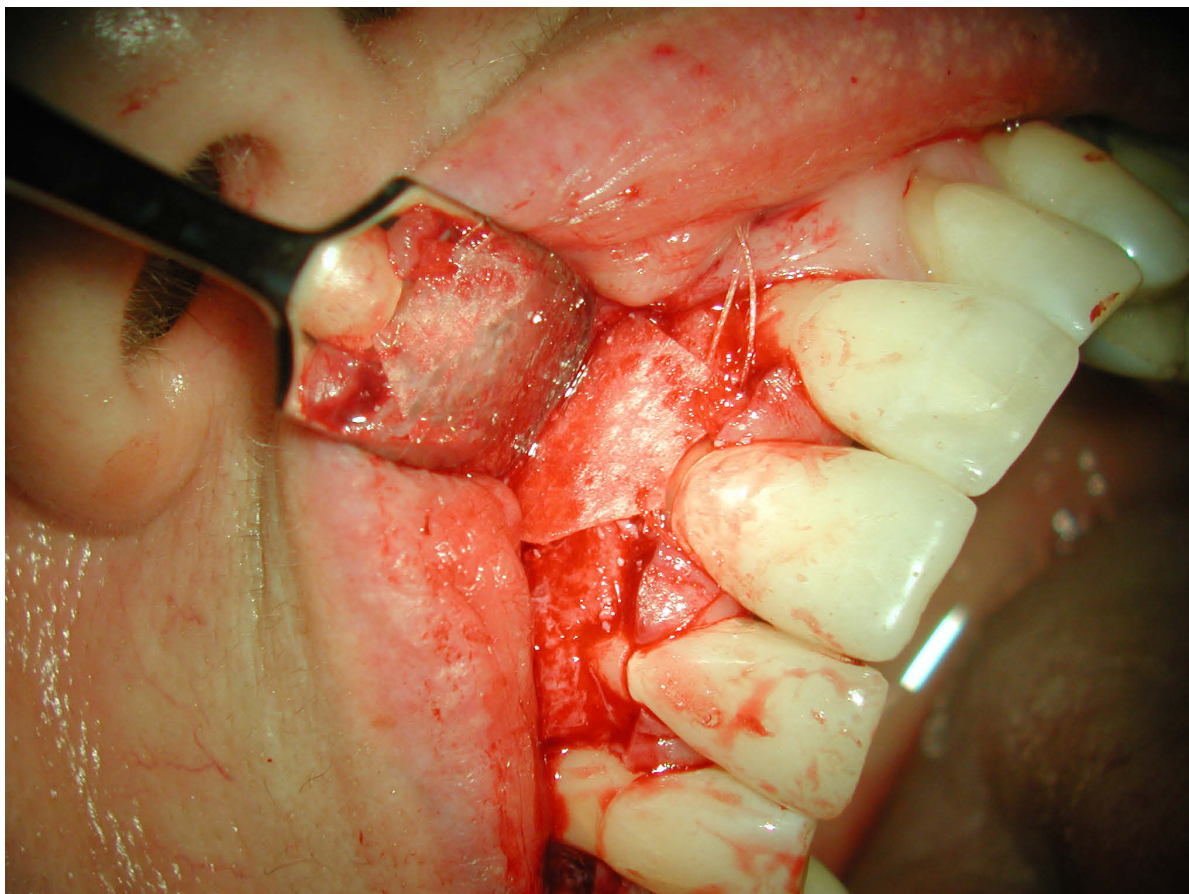


Abb. 106: Situation nach Einbringen und Fixieren der Membran (10.10.2005)

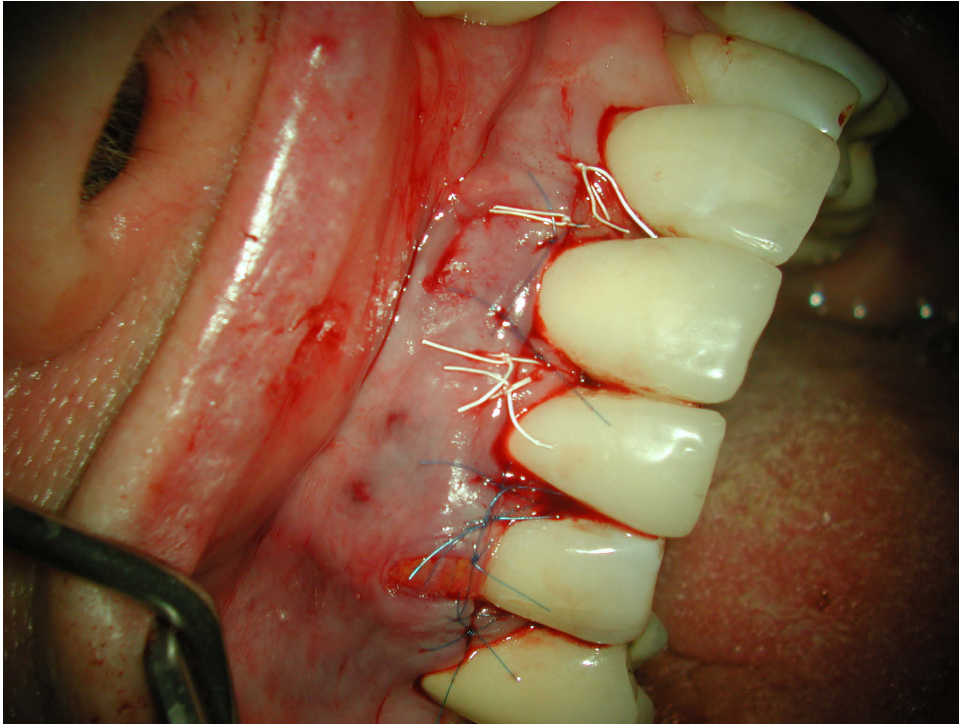


Abb. 107: Situation nach Reposition und Fixierung des Lappens (10.10.2005)



Abb. 108 (links): Der Recall vom 09.11.2005 zeigt noch keine große Veränderung gegenüber der Ausgangssituation.



Abb. 109 (rechts): Klinische Situation mit provisorischer Krone (09.11.2005).



Abb. 110 (links): Die Endo-Recallaufnahme vom 21.07.2006 zeigt eine Heilungstendenz im Bereich der knöchernen Läsion von Zahn 11.

Abb. 111 (rechts): Klinische Situation mit reizloser Gingiva (21.07.2006).



Abb. 112 (links): Das Endo-Recallröntgenbild zeigt eine weitgehende knöcherne Ausheilung (17.08.2007).

Abb. 113 (rechts): Der Endo-Recall (31.03.2008) ergab einen erhöhten Lockerungsgrad sowie eine erhöhte Sondierungstiefe, so dass die Extraktion erfolgte.

Behandlungsfall #12

Geburtsdatum des Patienten: 25.02.1978	Datum Behandlungsbeginn: 13.11.2003
Geschlecht des Patienten : Männlich	Datum Behandlungsende: 18.11.2003
Behandler: Dr. Terrell Pannkuk	Datum des letzten Recall: 12.07.2005

A. Zahn (ISO #): 36

B. Kategorie: Große furkale Perforation durch einen Bohrer

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Nicht verfügbar.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung:

Der Patient wies bei Erstvorstellung am 13.11.2003 bei Dr. Pannkuk eine große furkale Perforation an Zahn 36 auf. Der Hauszahnarzt hatte mit einem großen Rosenbohrer den kompletten Pulpenboden entfernt. Aus der Perforationswunde blutete es stark.

Radiologischer Befund:

Präoperative Aufnahme vom 13.11.2003:

Zahn 36 trepaniert und großflächig furkal perforiert. Leichte Aufhellungen furkal und an beiden Wurzelspitzen.

RCS-Score: 2

LRF-Score: Ø

HRF-Score: Ø

RF-Score: Ø

PAI-Score: 2

RPI-Score: 2

Aufnahme nach MTA Behandlung am 13.11.2003:

Im Bereich der vorherigen Perforation war nun ein röntgendichtes Material erkennbar (MTA), Aufhellungen persistent.

<i>RCS-Score: 2</i>	<i>LRF-Score: ∅</i>	<i>HRF-Score: ∅</i>
<i>RF-Score: ∅</i>	<i>PAI-Score: 2</i>	<i>RPI-Score: 2</i>

Postoperative Aufnahme vom 18.11.2003:

Zahn 36 wurzelkanalbehandelt. Röntgendichtes Material im Bereich der Perforation erkennbar. Aufhellungen weiterhin persistent.

<i>RCS-Score: 2</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 2</i>	<i>RPI-Score: 2</i>

E. Diagnose:

Pulpal: Pulpa teilweise entfernt, endodontische Behandlung durch HZA angefangen

Periradikulär: Akute apikale Parodontitis

Perforation:

1. Lage: Krestal
2. Größe: groß
3. Vorheriger Repair: Nein

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Krone

Prognose: Schlecht

G. Therapie:

Am 13.11.2003 wurde das Pulpencavum durch den behandelnden Spezialisten, Dr. Pannkuk, gereinigt und im Bereich der Perforationsstelle eine Biomed Membran platziert, um ein Überstopfen zu vermeiden und den Defekt mit grauem *ProRoot MTA* (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) verschließen zu können. Anschließend fand eine Wurzelkanalbehandlung nach klassischer Schilder Technik und medikamentöse Einlage mit einem Calciumhydroxidpräparat statt. Danach erfolgte die Wurzelkanalfüllung (warme vertikale Kompaktion).

H. Recall:

Recall-Aufnahme vom 12.07.2005:

Es wurde ein Palpations-Grad 2 erhoben, der Perkussions-Grad 2 sowie ein Lockerungsgrad von 1. Es war ein Fistelgang vorhanden. Der Zahn war symptomatisch und es war ein Furkationsbefall von Grad 3 vorhanden.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 2</i>	<i>RPI-Score: 5</i>

I. Epikrise:

Zahn 36 wurde nach 2 Jahren wegen des entzündlichen Prozesses im Bereich der Furkation mit Fistelgang und Furkationsbefall als Misserfolg gewertet und nach dem Recall extrahiert. Es handelte sich hier um einen Fall mit extrem schlechter Prognose. Der Perforationsdefekt war enorm groß und lag ungünstigerweise auf Höhe der krestalen Knochenkante. So war er ständig in Kontakt mit Bakterien der Mundhöhle, die Kontamination war zu hoch, um eine Infektion zu verhindern. Ausserdem besteht die Möglichkeit, dass das MTA, wenn es diese enorme Ausdehnung hat, durch okklusale Belastungen gesprengt werden kann. Fälle mit einer ähnlichen Prognose werden in der Praxis von Dr. Pannkuk nicht mehr behandelt, sondern extrahiert und mit einem Implantat ersetzt.

J. Röntgenbilder/Fotodokumentation

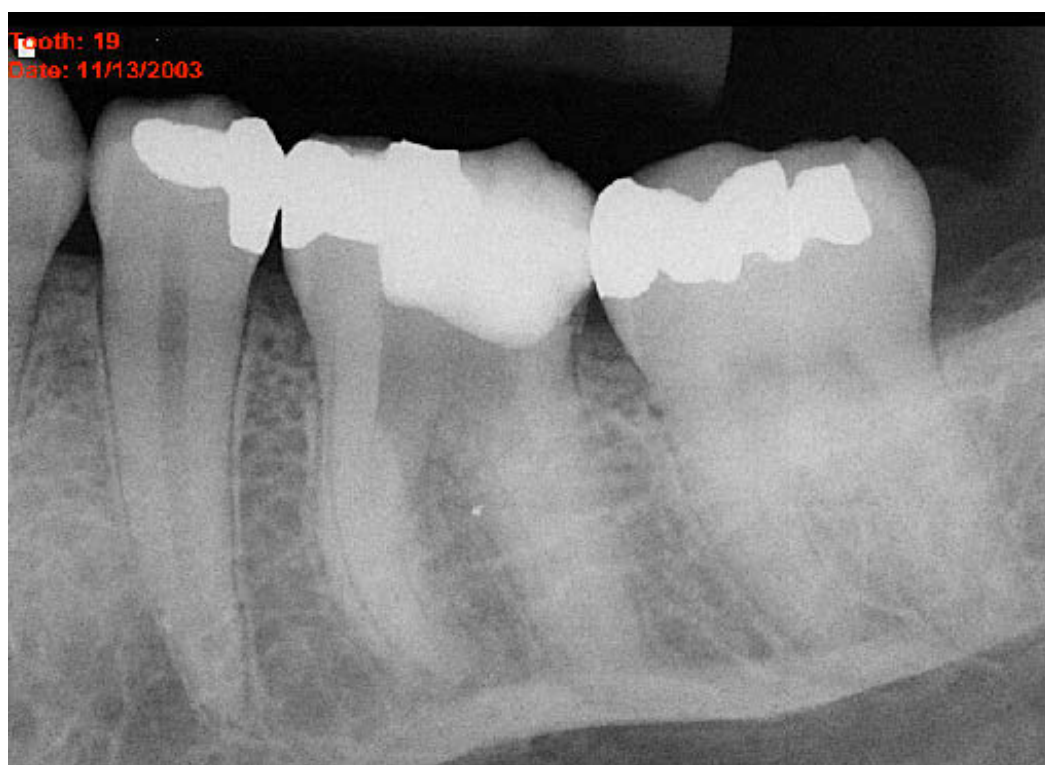


Abb. 114: Das präoperative Röntgenbild zeigt eine große Perforation (13.11.2003).

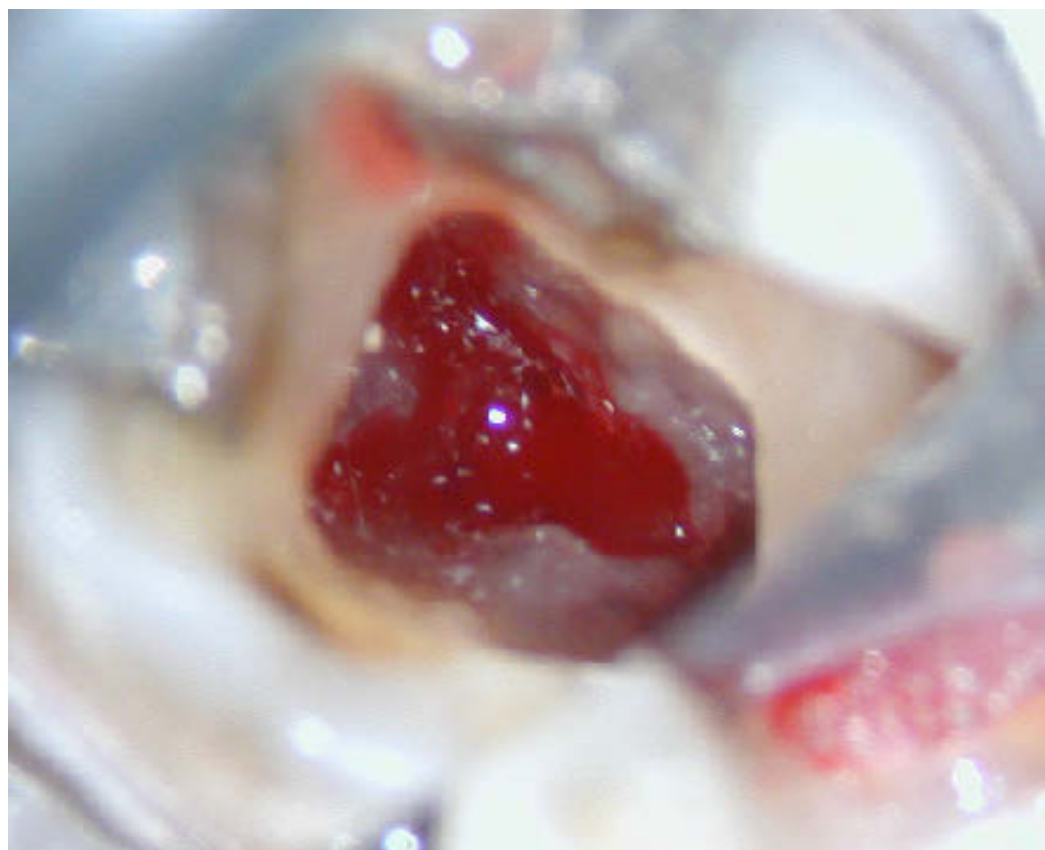


Abb. 115: Intraorale Situation nach Darstellung des Perforationsdefekts (13.11.2003).



Abb. 116: Situation nach Einbringen einer *Biomed*-Membran.



Abb. 117: Situation nach der Applikation und Adaptation der Membran.



Abb. 118: Klinische Situation nach Applikation von MTA auf die Membran.



Abb. 119: Röntgenkontrollaufnahme nach erfolgtem Perforationsverschluss.

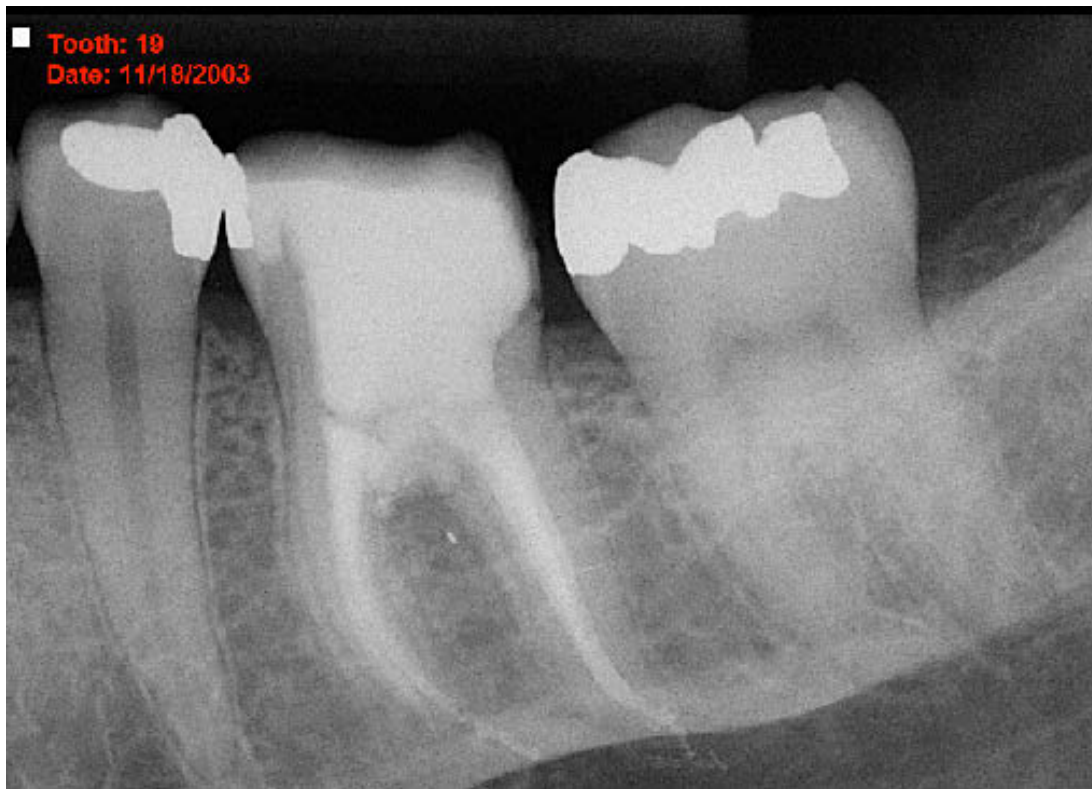


Abb. 120: Postoperative Aufnahme nach Obturation der Wurzelkanäle am 18.11.2003.

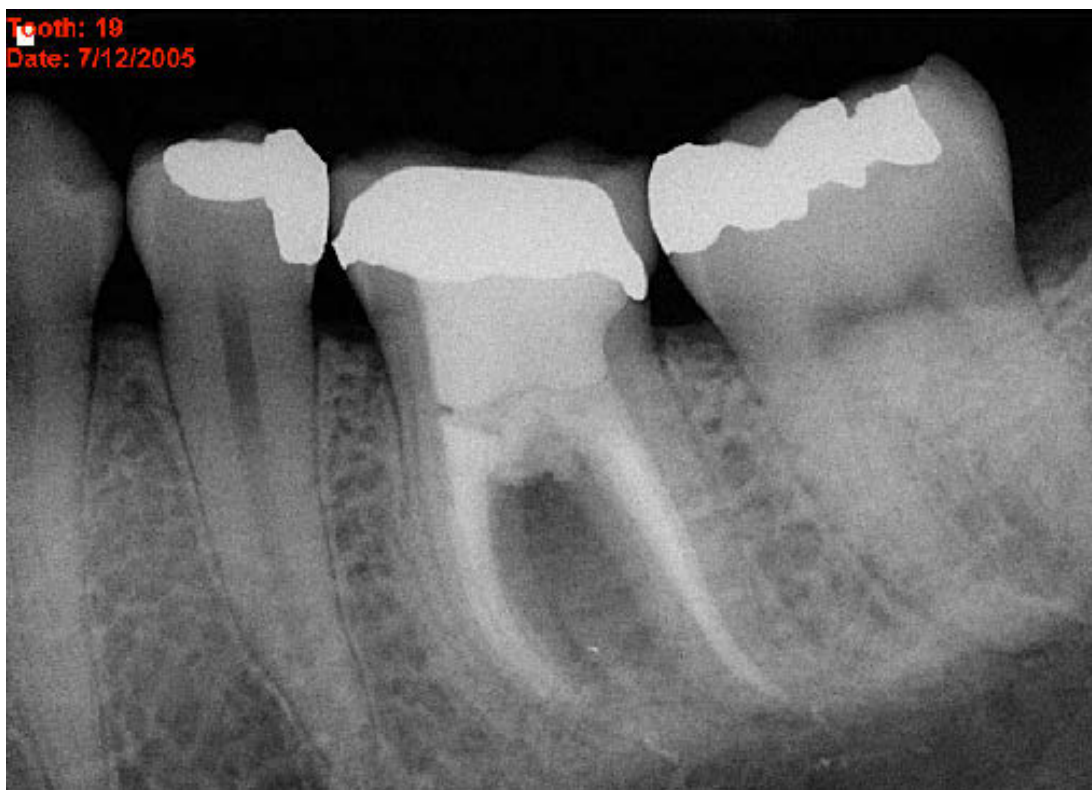


Abb. 121: Die Recall-Röntgenaufnahme vom 12.07.2005 zeigt eine interradikuläre Transluzenz. Aufgrund der entstandenen Fistel und Beschwerden wurde der Zahn anschließend extrahiert.

Behandlungsfall #13

Geburtsdatum des Patienten: 28.02.1967	Datum Behandlungsbeginn: 20.06.2005
Geschlecht des Patienten : männlich	Datum Behandlungsende: 26.07.2005
Behandler: Dr. Terrell Pannkuk (T.P.)	Datum des letzten Recall: 06.03.2006

A. Zahn (ISO #): 36

B. Kategorie: Strip-Perforation
durch WK-Instrumente

C. Zahnmedizinische Anamnese:

Nicht verfügbar.

D. Diagnostik:

Klinische Untersuchung:

Der Patient wies bei Erstvorstellung im Jahr 1999 keine klinische Symptomatik auf. Anhand des röntgenologischen Befundes äußerte Dr. Pannkuk jedoch die Vermutung, dass eine Strip-Perforation an Zahn 36 vorliegen könne. Es wurde entschlossen, vorerst abzuwarten. Als der Patient sich 2005 erneut vorstellte, war aufgrund der nun bestehenden Schmerzsymptomatik und dem neuen Röntgenbild die Diagnose Stripperforation klar. Da kein Furkationsbefall vorlag, wurde versucht, den Zahn mit einer nicht-chirurgischen Wurzelkanalbehandlung zu erhalten.

Radiologischer Befund:

Präoperative Aufnahme vom 07.09.1999:

Zahn 36 wurzelkanalbehandelt. Ein schraubenförmiger Wurzelstift ist in der distalen Wurzel zu erkennen. Verdacht auf Stripperforation der mesialen Wurzel. Leichte Aufhellungen furkal und an beiden Wurzelspitzen.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 4</i>	<i>PAI-Score: 3</i>	<i>RPI-Score: 3</i>

Präoperative Aufnahme vom 20.06.2005:

Zahn 36 wurzelkanalbehandelt. Ein schraubenförmiger Wurzelstift ist in der distalen Wurzel zu erkennen. Verdacht auf Strip-Perforation der mesialen Wurzel. Ausgedehnte Aufhellungen an der mesialen Wurzelspitze und im Furkationsbereich, kleine Aufhellung an der distalen Wurzelspitze.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 4</i>	<i>PAI-Score: 4</i>	<i>RPI-Score: 3</i>

Postoperative Aufnahme vom 26.07.2005:

Zahn 36 wurzelkanalbehandelt. Röntgendichtes Material im Bereich der Perforation erkennbar. Aufhellungen weiterhin persistent.

<i>RCS-Score: 1</i>	<i>LRF-Score: 1</i>	<i>HRF-Score: 1</i>
<i>RF-Score: 1</i>	<i>PAI-Score: 4</i>	<i>RPI-Score: 3</i>

E. Diagnose:

Pulpal: Endodontisch behandelt

Periradikulär: Chronische apikale Parodontitis

Perforation:

1. Lage: Subkrestal
2. Größe: Große Strip-Perforation
3. Vorheriger Repair: Nein

F. Behandlungsplan:

Empfohlen: Nicht-chirurgische Wurzelkanalbehandlung

Alternative: Extraktion, Brücke, Implantat

Restaurativ: Krone

Prognose: Eingeschränkt

G. Therapie:

Am 20.06.2005 wurde die Perforationsstelle mit grauem Pro-Root MTA (Dentsply, Tulsa, Oklahoma, USA) gedeckt. Es wurde einen Monat eine Calciumhydroxid-Einlage gelegt, bevor die Wurzelkanalfüllung erfolgte (26.07.2005).

H. Recall:

Recall Aufnahme vom 06.03.2006:

Palpation - , Perkussion - , Lockerungsgrad 1. Zahn verhält sich klinisch völlig asymptomatisch und funktionstüchtig. Sondierungstiefen M, ML, MB, DB, DL und D 3 mm; L und B 2 mm.

Leider wurde der Zahn nicht mit einer neuen Restauration versorgt und die temporäre Versorgung ging kurz vor dem Recalltermin verloren. Dr. Pannkuk ging aber nicht von einer Kontamination aus, weil er beide Kanäle im koronalen Teil mit MTA gefüllt hatte und sich dieses Material als sehr dicht erwiesen hatte. Er hatte dem Hauszahnarzt geraten, den Zahn schnellstmöglich prothetisch zu versorgen.

RCS-Score: 1

LRF-Score: 1

HRF-Score: 1

RF-Score: 1

PAI-Score: 4

RPI-Score: 3

H. Röntgenbilder/Fotodokumentation



Abb. 122: Die präoperative Röntgen-Aufnahme zeigte keine Auffälligkeiten (07.09.1999). Daher erfolgte zu diesem Zeitpunkt noch keine Therapie.

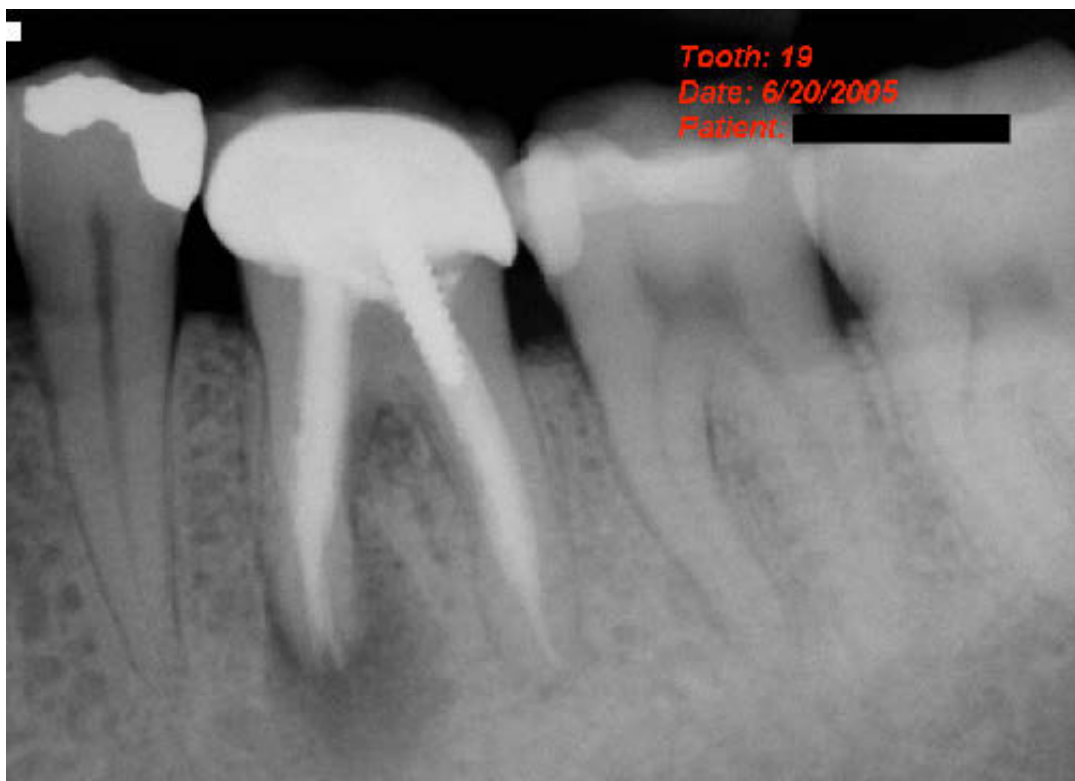


Abb. 123: Röntgen-Kontrollaufnahme aufgrund zunehmender klinischer Symptomatik sowie radiologisch erkennbarer periradikulärer Knochenläsion (20.06.2005).



Abb. 124: Intra-operative Aufnahme vom 20.06.2005. Situation nach der Stiftenfernung und Freilegung der Wurzelkanalfüllung.

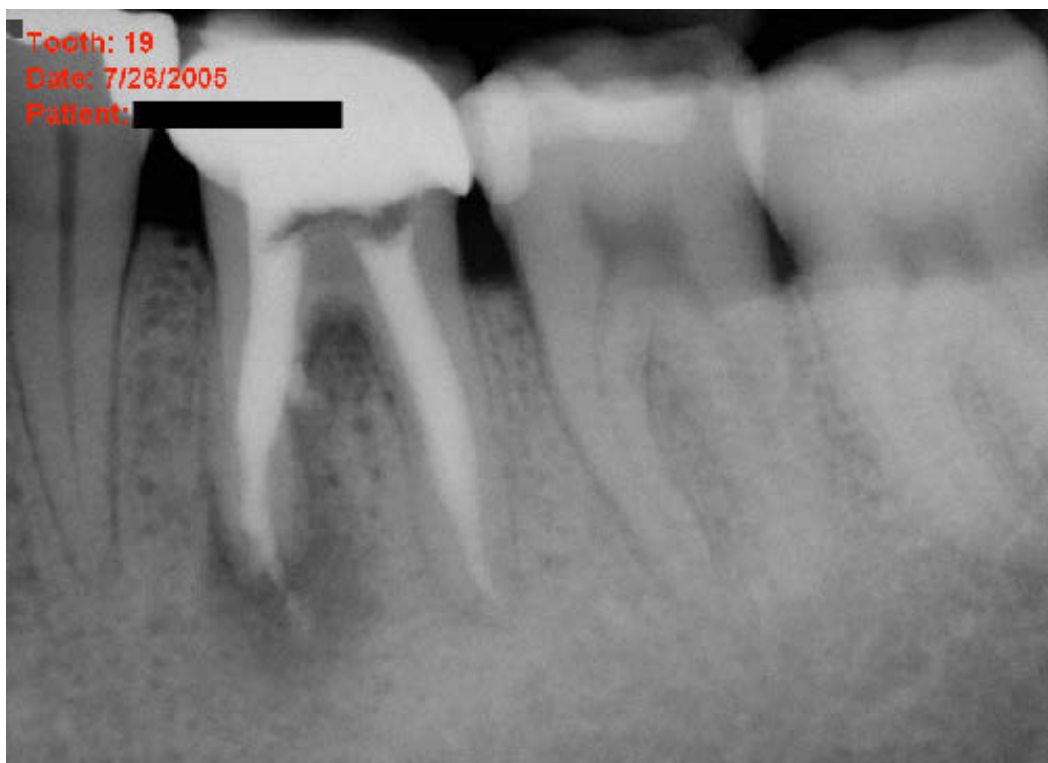


Abb. 125: Postoperative Aufnahme nach erfolgter Re-Obturation (26.07.2005).



Abb. 126: Die Recall-Röntgenaufnahme zeigt eine eindeutige Heilungstendenz im Bereich der periapikalen Läsion an Zahn 36 (06.03.2006).

J. Epikrise:

Der Vorbehandler hatte diesen Zahn anscheinend aufbereitet, ohne die Anatomie der Wurzelkanäle zu beachten. So ging extrem viel Hartsubstanz verloren und der Zahn wurde zusätzlich durch Setzen eines schraubenförmigen Wurzelstiftes geschwächt. Die mesiale Wurzel wurde zur Furkation hin großflächig im Sinne einer Stripperforation geschädigt (schlechte Prognose).

Dieser Fall wird nur als Misserfolg gewertet, weil beim letzten vorhandenen Recall PAI und RPI über Grad 3 waren. Der Patient hat bis heute keinerlei Beschwerden. Leider konnte Dr. Pannkuk den Patienten nicht zum erneuten Recall bewegen. Unserer Vermutung nach hätte ein aktuelles Röntgenbild möglicherweise eine weitere Ausheilung gezeigt und dieser Fall hätte in die Kategorie „Erfolg“ eingeordnet werden können. Allerdings war diese Aufnahme nicht zu beschaffen, so dass hier auch dieser Fall als Misserfolg gewertet wurde.

9 Literaturverzeichnis

- ABOU-RASS, M., FRANK, A. L. & GLICK, D. H. (1980) The anticurvature filing method to prepare the curved root canal. *J Am Dent Assoc*, 101, 792-4.
- ALHADAINY, H. A. (1994) Root perforations. A review of literature. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 78, 368-74.
- ALLEN, R. K., NEWTON, C. W. & BROWN, C. E., JR. (1989) A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases. *J Endod*, 15, 261-6.
- ALLEY, B. S., KITCHENS, G. G., ALLEY, L. W. & ELEAZER, P. D. (2004) A comparison of survival of teeth following endodontic treatment performed by general dentists or by specialists. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 98, 115-8.
- ALSANEA, R., RAVINDRAN, S., FAYAD, M. I., JOHNSON, B. R., WENCKUS, C. S., HAO, J. & GEORGE, A. (2011) Biomimetic approach to perforation repair using dental pulp stem cells and dentin matrix protein 1. *J Endod*, 37, 1092-7.
- ALTUNDASAR, E. & DEMIR, B. (2009) Management of a perforating internal resorptive defect with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Endod*, 35, 1441-4.
- APT, H., DYRNA, G., NITZSCHE, W. & VOKLER, J. (1975) Mathematical-statistical evidence of clinico-radiographic follow-up studies of root canal therapy. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl*, 63, 819-22.
- ARENS, D. E. & TORABINEJAD, M. (1996) Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 82, 84-8.
- BARBAKOW, F. H., CLEATON-JONES, P. & FRIEDMAN, D. (1980) An evaluation of 566 cases of root canal therapy in general dental practice. 2. Postoperative observations. *J Endod*, 6, 485-9.
- BASMADJIAN-CHARLES, C. L., FARGE, P., BOURGEOIS, D. M. & LEBRUN, T. (2002) Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. *Int Dent J*, 52, 81-6.
- BAUMANN, A. M. & BEER, R. (2007) Endodontologie. IN WOLF, H. F. (Ed.) *Farbatlanten der Zahnmedizin*. 2 ed. Stuttgart, Thieme.
- BAUMGARTNER, J. C. & CUENIN, P. R. (1992) Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod*, 18, 605-12.
- BEER, R. & BAUMANN, M. (2006) *Pocket Atlas of Endodontics*, Georg Thieme Verlag.
- BENDER, I. B. (1982) Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod*, 8, 161-70.
- BENDER, I. B. & SELTZER, S. (1961) The oral fistula: Its diagnosis and treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 14, 1367-1376.
- BERGENHOLTZ, G., LEKHOLM, U., MILTHON, R. & ENGSTROM, B. (1979a) Influence of apical overinstrumentation and overfilling on re-treated root canals. *J Endod*, 5, 310-4.
- BERGENHOLTZ, G., LEKHOLM, U., MILTHON, R., HEDEN, G., ODESJO, B. & ENGSTROM, B. (1979b) Retreatment of endodontic fillings. *Scand J Dent Res*, 87, 217-24.
- BERGLUNDH, T., PERSSON, L. & KLINGE, B. (2002) A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry

- reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *J Clin Periodontol*, 29 Suppl 3, 197-212; discussion 232-3.
- BHASKAR, S. N. (1966) Oral surgery--oral pathology conference No. 17, Walter Reed Army Medical Center. Periapical lesions--types, incidence, and clinical features. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 21, 657-71.
- BISWAS, M., MAZUMDAR, D. & NEYOGI, A. (2011) Non surgical perforation repair by mineral trioxide aggregate under dental operating microscope. *J Conserv Dent*, 14, 83-5.
- BORTOLUZZI, E. A., ARAUJO, G. S., GUERREIRO TANOMARU, J. M. & TANOMARU-FILHO, M. (2007) Marginal gingiva discoloration by gray MTA: a case report. *J Endod*, 33, 325-7.
- BRAGGER, U., KAROUSSIS, I., PERSSON, R., PJETURSSON, B., SALVI, G. & LANG, N. (2005) Technical and biological complications/failures with single crowns and fixed partial dentures on implants: a 10-year prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res*, 16, 326-34.
- BRYAN, E. B., WOOLLARD, G. & MITCHELL, W. C. (1999) Nonsurgical repair of furcal perforations: a literature review. *Gen Dent*, 47, 274-8; quiz 279-80.
- CALISKAN, M. K. (2005) Nonsurgical retreatment of teeth with periapical lesions previously managed by either endodontic or surgical intervention. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 100, 242-8.
- CARR, G. B. (1998) Retreatment. IN COHEN, S. & BURNS, R. C. (Eds.) *Pathways of the Pulp*. 7 ed. St Louis, Mosby.
- CHUGAL, N. M., CLIVE, J. M. & SPANGBERG, L. S. (2001) A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 91, 342-52.
- CHUGAL, N. M., CLIVE, J. M. & SPANGBERG, L. S. (2003) Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 96, 81-90.
- CLAUDER, T. & SHIN, S.-J. (2009) Repair of perforations with MTA: clinical applications and mechanisms of action. *Endodontic Topics*, 32-55.
- COHEN, S., BURNS, R.C. (2002) *Pathways of the Pulp*, St. Louis, Mosby, Inc.
- COHEN, S. & HARGREAVES, K. M. (2006) *Pathways of the Pulp*, Elsevier Mosby.
- CONNER, D. A., CAPLAN, D. J., TEIXEIRA, F. B. & TROPE, M. (2007) Clinical outcome of teeth treated endodontically with a nonstandardized protocol and root filled with resilon. *J Endod*, 33, 1290-2.
- CUNNINGHAM, W. T. & MARTIN, H. (1982) A scanning electron microscope evaluation of root canal debridement with the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 53, 527-31.
- CUNNINGHAM, W. T., MARTIN, H. & FORREST, W. R. (1982a) Evaluation of root canal debridement by the endosonic ultrasonic synergistic system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 53, 401-4.
- CUNNINGHAM, W. T., MARTIN, H., PELLEU, G. B., JR. & STOOPS, D. E. (1982b) A comparison of antimicrobial effectiveness of endosonic and hand root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 54, 238-41.
- DANIN, J., STROMBERG, T., FORSGREN, H., LINDER, L. E. & RAMSKOLD, L. O. (1996) Clinical management of nonhealing periradicular pathosis. Surgery versus endodontic retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 82, 213-7.
- DE CHEVIGNY, C., DAO, T. T., BASRANI, B. R., MARQUIS, V., FARZANEH, M., ABITBOL, S. & FRIEDMAN, S. (2008) Treatment outcome in endodontics:

- the Toronto study--phases 3 and 4: orthograde retreatment. *J Endod*, 34, 131-7.
- DE PAULA-SILVA, F. W., WU, M. K., LEONARDO, M. R., DA SILVA, L. A. & WESSELINK, P. R. (2009) Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod*, 35, 1009-12.
- ELEFThERIADIS, G. I. & LAMBRIANIDIS, T. P. (2005) Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic. *Int Endod J*, 38, 725-34.
- ENDODONTOLOGY, E. S. O. (2006) Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*, 39, 921-30.
- ESTRELA, C., BUENO, M. R., LELES, C. R., AZEVEDO, B. & AZEVEDO, J. R. (2008) Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod*, 34, 273-9.
- FARZANEH, M., ABITBOL, S. & FRIEDMAN, S. (2004a) Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *J Endod*, 30, 627-33.
- FARZANEH, M., ABITBOL, S., LAWRENCE, H. P. & FRIEDMAN, S. (2004b) Treatment outcome in endodontics-the Toronto Study. Phase II: initial treatment. *J Endod*, 30, 302-9.
- FOREMAN, P. C. (1985) Non-surgical repair to an iatrogenic perforation of the root canal: a case history. *Br Dent J*, 158, 97-8.
- FRIEDMAN, S. (1998) Treatment outcome and prognosis of endodontic therapy. IN ØRSTAVIK, D. & PITT FORD, T. J. (Eds.) *Essential Endodontology*. Blackwell Science Ltd.
- FRIEDMAN, S. (2002) Considerations and concepts of case selection in the management of post-treatment endodontic disease (treatment failure). *Endodontic Topics*, 1, 54-78.
- FRIEDMAN, S., ABITBOL, S. & LAWRENCE, H. P. (2003) Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *J Endod*, 29, 787-93.
- FRIEDMAN, S., LOST, C., ZARRABIAN, M. & TROPE, M. (1995) Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod*, 21, 384-90.
- FRISTAD, I., MOLVEN, O. & HALSE, A. (2004) Nonsurgically retreated root filled teeth--radiographic findings after 20-27 years. *Int Endod J*, 37, 12-8.
- FUSS, Z. & TROPE, M. (1996) Root perforations: classification and treatment choices based on prognostic factors. *Endod Dent Traumatol*, 12, 255-64.
- GORNI, F. G. & GAGLIANI, M. M. (2004) The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod*, 30, 1-4.
- GUTMANN, J. L., DUMSHA, T. C. & LOVDAHL, P. E. (2006) *Problem Solving in Endodontics*. Mosby.
- HARGREAVES, K. M., GEISLER, T., HENRY, M. & WANG, Y. (2008) Regeneration potential of the young permanent tooth: what does the future hold? *Pediatr Dent*, 30, 253-60.
- HARTY, F. J., PARKINS, B. J. & WENGRAF, A. M. (1970) Success rate in root canal therapy. A retrospective study of conventional cases. *Br Dent J*, 128, 65-70.

- HEMBROUGH, M. W., MEARES, W. A., COHEN, J. & STEIMAN, H. R. (2003) Non-surgical post perforation repair with mineral trioxide aggregate: a case report. *J Mich Dent Assoc*, 85, 36-8.
- HEPWORTH, M. J. & FRIEDMAN, S. (1997) Treatment outcome of surgical and non-surgical management of endodontic failures. *J Can Dent Assoc*, 63, 364-71.
- HOLLAND, R., DE SOUZA, V., MURATA, S. S., NERY, M. J., BERNABE, P. F., OTOBONI FILHO, J. A. & DEZAN JUNIOR, E. (2001) Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. *Braz Dent J*, 12, 109-13.
- HOMMEZ, G. M., COPPENS, C. R. & DE MOOR, R. J. (2002) Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J*, 35, 680-9.
- HOSKINSON, S. E., NG, Y. L., HOSKINSON, A. E., MOLES, D. R. & GULABIVALA, K. (2002) A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 93, 705-15.
- HUANG, G. T., SONOYAMA, W., LIU, Y., LIU, H., WANG, S. & SHI, S. (2008) The hidden treasure in apical papilla: the potential role in pulp/dentin regeneration and bioroot engineering. *J Endod*, 34, 645-51.
- HWANG, Y. C. & HWANG, H. S. (2011) Surgical repair of root perforation caused by an orthodontic miniscrew implant. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 139, 407-11.
- INGLE, J. I., BAKLAND, L. K. & BAUMGARTNER, J. C. (2008) *Ingle's endodontics* 6, BC Decker.
- INGLE, J. I., BEVERIDGE, E. E., GLICK, D. H. & WEICHMAN, J. A. (1994) Modern Endodontic Therapy. IN INGLE, J. I., BAKLAND, L.K. (Ed.) *Endodontics*. Philadelphia, Lea & Febinger.
- JOKINEN, M. A., KOTILAINEN, R., POIKKEUS, P., POIKKEUS, R. & SARKKI, L. (1978) Clinical and radiographic study of pulpectomy and root canal therapy. *Scand J Dent Res*, 86, 366-73.
- KAUFMAN, A. Y., FUSS, Z., KEILA, S. & WAXENBERG, S. (1997) Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. *Int Endod J*, 30, 403-7.
- KAUFMAN, A. Y. & KEILA, S. (1989) Conservative treatment of root perforations using apex locator and thermatic compactor--case study of a new method. *J Endod*, 15, 267-72.
- KEREKES, K. & TRONSTAD, L. (1979) Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod*, 5, 83-90.
- KIRKEVANG, L.-L., VÆTH, M., HØRSTED-BINDSLEV, P. & WENZEL, A. (2006) Longitudinal study of periapical and endodontic status in a Danish population. *Int Endod J*, 39, 100-107.
- KOH, E. T., MCDONALD, F., PITT FORD, T. R. & TORABINEJAD, M. (1998) Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod*, 24, 543-7.
- KOSTBAHN, W. (2004) Retrospektive Auswertung in einer endodontischen Privatpraxis behandelter Patienten.
- KVINNSLAND, I., OSWALD, R. J., HALSE, A. & GRONNINGSAETER, A. G. (1989) A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *Int Endod J*, 22, 75-84.
- LANTZ, B. & PERSSON, P. A. (1967) Periodontal tissue reactions after root perforations in dog's teeth. A histologic study. *Odontol Tidskr*, 75, 209-37.

- LEE, S. J., MONSEF, M. & TORABINEJAD, M. (1993) Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod*, 19, 541-4.
- LEMON, R. R. (1992) Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. *Dent Clin North Am*, 36, 439-57.
- LEWSEY, J. D., GILTHORPE, M. S. & GULABIVALA, K. (2001) An introduction to meta-analysis within the framework of multilevel modelling using the probability of success of root canal treatment as an illustration. *Community Dent Health*, 18, 131-7.
- LIN, L. M., SKRIBNER, J. E. & GAENGLER, P. (1992) Factors associated with endodontic treatment failures. *J Endod*, 18, 625-7.
- LÖST, C., WEIGER, R. & AXMANN-KRCMAR, D. (1995) Prognose von Wurzelkanalbehandlungen unter Anwendung der lateralen Kondensationstechnik und eines Glasionomerzementsealers. *Dtsch Zahnärztl Z*, 50, 897-901.
- LOVE, R. M. & FIRTH, N. (2009) Histopathological profile of surgically removed persistent periapical radiolucent lesions of endodontic origin. *Int Endod J*, 42, 198-202.
- MAIN, C., MIRZAYAN, N., SHABAHANG, S. & TORABINEJAD, M. (2004) Repair of root perforations using mineral trioxide aggregate: a long-term study. *J Endod*, 30, 80-3.
- MARENDING, M., PETERS, O. A. & ZEHNDER, M. (2005) Factors affecting the outcome of orthograde root canal therapy in a general dentistry hospital practice. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 99, 119-124.
- MARTIN, H. (1976) Ultrasonic disinfection of the root canal. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 42, 92-9.
- MARTIN, H. & CUNNINGHAM, W. T. (1982a) An evaluation of postoperative pain incidence following endosonic and conventional root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 54, 74-6.
- MARTIN, H. & CUNNINGHAM, W. T. (1982b) The effect of endosonic and hand manipulation on the amount of root canal material extruded. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 53, 611-3.
- MATSUMOTO, T., NAGAI, T., IDA, K., ITO, M., KAWAI, Y., HORIBA, N., SATO, R. & NAKAMURA, H. (1987) Factors affecting successful prognosis of root canal treatment. *J Endod*, 13, 239-42.
- MEAD, C., JAVIDAN-NEJAD, S., MEGO, M. E., NASH, B. & TORABINEJAD, M. (2005) Levels of evidence for the outcome of endodontic surgery. *J Endod*, 31, 19-24.
- MENEZES, R., DA SILVA NETO, U. X., CARNEIRO, E., LETRA, A., BRAMANTE, C. M. & BERNADINELLI, N. (2005) MTA repair of a supracrestal perforation: a case report. *J Endod*, 31, 212-4.
- MENTE, J., HAGE, N., PFEFFERLE, T., KOCH, M. J., GELETNEKY, B., DREYHAUPT, J., MARTIN, N. & STAEHLE, H. J. (2010) Treatment outcome of mineral trioxide aggregate: repair of root perforations. *J Endod*, 36, 208-13.
- MOLANDER, A., CAPLAN, D., BERGENHOLTZ, G. & REIT, C. (2007) Improved quality of root fillings provided by general dental practitioners educated in nickel-titanium rotary instrumentation. *Int Endod J*, 40, 254-60.
- MOLVEN, O. & HALSE, A. (1988) Success rates for gutta-percha and Kloroperka N-0 root fillings made by undergraduate students: radiographic findings after 10-17 years. *Int Endod J*, 21, 243-50.

- MORSE, D. R., ESPOSITO, J. V., PIKE, C. & FURST, M. L. (1983) A radiographic evaluation of the periapical status of teeth treated by the gutta-percha-eucapercha endodontic method: a one-year follow-up study of 458 root canals. Part I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 55, 607-10.
- MURRAY, P. E., GARCIA-GODOY, F. & HARGREAVES, K. M. (2007) Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. *J Endod*, 33, 377-90.
- NG, Y. L., MANN, V. & GULABIVALA, K. (2008a) Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J*, 41, 1026-46.
- NG, Y. L., MANN, V., RAHBARAN, S., LEWSEY, J. & GULABIVALA, K. (2007) Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J*, 40, 921-39.
- NG, Y. L., MANN, V., RAHBARAN, S., LEWSEY, J. & GULABIVALA, K. (2008b) Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*, 41, 6-31.
- NIEDERMAN, R. & THEODOSOPOULOU, J. N. (2003) A systematic review of in vivo retrograde obturation materials. *Int Endod J*, 36, 577-85.
- OGINNI, A. O., ADEKOYA-SOFOWORA, C. A. & KOLAWOLE, A. K. (2009) Evaluation of radiographs, clinical signs and symptoms associated with pulp canal obliteration: an aid to treatment decision. *Dental Traumatology*, 25, 620-625.
- ØRSTAVIK, D. (1996) Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *Int Endod J*, 29, 150-5.
- ØRSTAVIK, D., KEREKES, K. & ERIKSEN, H. M. (1986) The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol*, 2, 20-34.
- ØRSTAVIK, D., QVIST, V. & STOLTZE, K. (2004) A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. *Eur J Oral Sci*, 112, 224-30.
- PAIK, S., SECHRIST, C. & TORABINEJAD, M. (2004) Levels of evidence for the outcome of endodontic retreatment. *J Endod*, 30, 745-50.
- PARK, J. B. & LEE, J. H. (2008) Use of mineral trioxide aggregate in the non-surgical repair of perforating invasive cervical resorption. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 13, E678-80.
- PEAK, J. D. (1994) The success of endodontic treatment in general dental practice: a retrospective clinical and radiographic study. *Prim Dent Care*, 1, 9-13.
- PENESIS, V. A., FITZGERALD, P. I., FAYAD, M. I., WENCKUS, C. S., BEGOLE, E. A. & JOHNSON, B. R. (2008) Outcome of One-visit and Two-visit Endodontic Treatment of Necrotic Teeth with Apical Periodontitis: A Randomized Controlled Trial with One-year Evaluation. *J Endod*, 34, 251-257.
- PERTOT, W. J., CAMPS, J., REMUSAT, M. & PROUST, J. P. (1992) In vivo comparison of the biocompatibility of two root canal sealers implanted into the mandibular bone of rabbits. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 73, 613-20.
- PETERS, O. A., BARBAKOW, F. & PETERS, C. I. (2004) An analysis of endodontic treatment with three nickel-titanium rotary root canal preparation techniques. *Int Endod J*, 37, 849-859.
- PETERSON, J. & GUTMANN, J. L. (2001) The outcome of endodontic resurgery: a systematic review. *Int Endod J*, 34, 169-75.

- PISTORIUS, A., WILLERSHAUSEN, B. & BRISENO MARROQUIN, B. (2003) Effect of apical root-end filling materials on gingival fibroblasts. *Int Endod J*, 36, 610-5.
- PITT FORD, T. R., TORABINEJAD, M., MCKENDRY, D. J., HONG, C. U. & KARIYAWASAM, S. P. (1995) Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 79, 756-763.
- REGAN, J. D., WITHERSPOON, D. E. & FOYLE, D. M. (2005) Surgical repair of root and tooth perforations. *Endodontic Topics*, 11, 152-178.
- RICUCCI, D. & BERGENHOLTZ, G. (2003) Bacterial status in root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration and fracture or caries—a histobacteriological study of treated cases. *Int Endod J*, 36, 787-802.
- RUDDLE, C. (2002) Nonsurgical endodontic retreatment. IN COHEN, S., BURNS, R.C. (Ed.) *Pathways of the Pulp*. St. Louis, Missouri, Mosby.
- SATHORN, C., PARASHOS, P. & MESSER, H. H. (2005) Effectiveness of single-versus multiple-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*, 38, 347-55.
- SCHILDER, H. (1967) Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am*, 723-44.
- SCHILDER, H. (1974) Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*, 18, 269-96.
- SELDEN, H. S. (2002) The dental-operating microscope and its slow acceptance. *J Endod*, 28, 206-7.
- SELTZER, S., SINAI, I. & AUGUST, D. (1970) Periodontal effects of root perforations before and during endodontic procedures. *J Dent Res*, 49, 332-9.
- SILVEIRA, C. M., SANCHEZ-AYALA, A., LAGRAVERE, M. O., PILATTI, G. L. & GOMES, O. M. (2008) Repair of furcal perforation with mineral trioxide aggregate: long-term follow-up of 2 cases. *J Can Dent Assoc*, 74, 729-33.
- SINAI, I. H. (1977) Endodontic perforations: their prognosis and treatment. *J Am Dent Assoc*, 95, 90-5.
- SJOGREN, U., FIGDOR, D., PERSSON, S. & SUNDQVIST, G. (1997) Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*, 30, 297-306.
- SJOGREN, U., HAGGLUND, B., SUNDQVIST, G. & WING, K. (1990) Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*, 16, 498-504.
- SKUDUTYTE-RYSSTAD, R. & ERIKSEN, H. M. (2006) Endodontic status amongst 35-year-old Oslo citizens and changes over a 30-year period. *Int Endod J*, 39, 637-642.
- STRINDBERG, L. (1956) The dependence of the results of root canal therapy on certain factors. An analytic study based on radiographic and clinical follow-up examinations. *Acta Odontol Scand*, 14, 1.
- SUNDQVIST, G., FIGDOR, D., PERSSON, S. & SJOGREN, U. (1998) Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 85, 86-93.
- SWARTZ, D. B., SKIDMORE, A. E. & GRIFFIN, J. A., JR. (1983) Twenty years of endodontic success and failure. *J Endod*, 9, 198-202.

- TORABINEJAD, M., HONG, C. U., LEE, S. J., MONSEF, M. & PITT FORD, T. R. (1995) Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. *J Endod*, 21, 603-8.
- TORABINEJAD, M., PITT FORD, T. R., MCKENDRY, D. J., ABEDI, H. R., MILLER, D. A. & KARIYAWASAM, S. P. (1997) Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. *J Endod*, 23, 225-8.
- TORABINEJAD, M., UNG, B. & KETTERING, J. D. (1990) In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod*, 16, 566-9.
- TROPE, M., DELANO, E. O. & ØRSTAVIK, D. (1999) Endodontic Treatment of Teeth with Apical Periodontitis: Single vs. Multivisit Treatment. *J Endod*, 25.
- TSESIS, I. & FUSS, Z. (2006) Diagnosis and treatment of accidental root perforations. *Endodontic Topics*, 95-107.
- TSESIS, I., ROSENBERG, E., FAIVISHEVSKY, V., KFIR, A., KATZ, M. & ROSEN, E. (2010) Prevalence and associated periodontal status of teeth with root perforation: a retrospective study of 2,002 patients' medical records. *J Endod*, 36, 797-800.
- VALDERHAUG, J., JOKSTAD, A., AMBJCXNSEN, E. & NORHEIM, P. W. (1997) Assessment of the periapical and clinical status of crowned teeth over 25 years. *J Dent*, 25, 97-105.
- VAN DER STELT, P. F. (1985) Experimentally produced bone lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 59, 306-12.
- VAN NIEUWENHUYSEN, J. P., AOUAR, M. & D'HOORE, W. (1994) Retreatment or radiographic monitoring in endodontics. *Int Endod J*, 27, 75-81.
- VANDENBERGHE, B., JACOBS, R. & YANG, J. (2008) Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. *Dentomaxillofac Radiol*, 37, 252-60.
- VELVART, P., HECKER, H. & TILLINGER, G. (2001) Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 92, 682-8.
- WANG, N., KNIGHT, K., DAO, T. & FRIEDMAN, S. (2004) Treatment outcome in endodontics-The Toronto Study. Phases I and II: apical surgery. *J Endod*, 30, 751-61.
- WEST, J. D. & ROANE, J. B. (1998) Cleaning and Shaping the Root Canal System. IN COHEN, S., BURNS, R.C. (Ed.) *Pathways of the Pulp*. St. Louis, Mosby.
- WU, M.-K. & WESSELINK, P. R. (2005) Timeliness and effectiveness in the surgical management of persistent post-treatment peri-apical pathosis. *Endontic Topics*, 11, 25-31.
- WU, M. K., SHEMESH, H. & WESSELINK, P. R. (2009) Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *Int Endod J*, 42, 656-66.
- YOSHIMINE, Y., ONO, M. & AKAMINE, A. (2007) In vitro comparison of the biocompatibility of mineral trioxide aggregate, 4META/MMA-TBB resin, and intermediate restorative material as root-end-filling materials. *J Endod*, 33, 1066-9.
- YUSUF, H. (1982) The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 54, 566-74.
- ZAIRI, A., LAMBRIANIDIS, T., PANTELIDOU, O., PAPADIMITRIOU, S. & TZIAFAS, D. (2012) Periradicular Tissue Responses to Biologically Active

Molecules or MTA When Applied in Furcal Perforation of Dogs' Teeth. *Int J Dent*, 257832.

ZHU, Q., HAGLUND, R., SAFAVI, K. E. & SPANGBERG, L. S. (2000) Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. *J Endod*, 26, 404-6.

10 Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
AAE	American Association of Endodontists
Abb.	Abbildung
B	bukkal
BDS	Bachelor of Dental Surgery
CA	California/ Kalifornien
Ca(OH) ₂	Kalziumhydroxid
CAGS	Certificate of Advanced Graduate Studies
CAP	chronische apikale Parodontitis
Cert. Endo	Specialty Certificate in Endodontics
CT	Computertomographie
D	distal
DB	distobukkal
DDS	Doctor of Dental Surgery
DL	distolingual
DMP1	dentales Matrix Protein 1
DPSC	dental pulp stem cells/ Pulpastammzellen
DSP	antidentin Sialoprotein
DVT	Digitale Volumentomographie / Digitales Volumentomogramm
Endo	Endodontologisch/ Endodontie#
EPT	elektrischer Pulpentest
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GP	Guttapercha
GTR	Guided Tissue Regeneration
HRF	Homogenität der Wurzelkanalfüllung
i.d.R.	in der Regel
IL	Illinois
Inc.	incorporated
KFO	Kieferorthopädie
LEO	lesion of endodontic origin/ Läsion endodontischen Ursprungs
LRF	Länge der Wurzelkanalfüllung
M	mesial

MB	mesiobukkal
ML	mesiolingual
MA	Masseachusetts
mm	Millimeter
MN	Minnesota
MSc	Master of Science
MSD	Master of Science in Dentistry
MTA	Mineraltrioxidaggregat
NAP	keine vorhandene apikale Läsion
o.B.	ohne Befund
o.g.	oben genannt/-e/-en
OK	Oberkiefer
O.P.	Oliver Pontius
OP	Operation
OP-Mikroskop	Operationsmikroskop
P	palatinal
PA	Pennsylvania
PAI	Periapikal-Index
PDL	Parodontales Ligament
R.B.	Raphael Bellamy
RC	Recallgruppe
RCS	Röntgenologischer koronaler Status
resp.	respektive
RF	Qualität der Wurzelkanalfüllung
RPI	Root Perforation Index / Wurzelperforationsindex
s	Sekunde/-n
S	Single
SC	collagen scaffold/ Kollagenmatrix
S.N.	Sashi Nallapati
Tab.	Tabelle
T.P.	Terrell Pannkuk
TX	Texas
UK	Unterkiefer
vs.	versus

WF	Wurzelkanalfüllung
WSR	Wurzelspitzenresektion
z.B.	zum Beispiel
µm	Mikrometer

Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten:

Arweiler, Aumüller, Coca, Flores-de-Jacoby, Frankenberger, Gente, Jablonsky-Momeni, Koolmann, Korbmacher-Steiner, Lotzmann, Löffler, Mengel, Mittag, Pieper, Ramaswamy, Roggendorf, Sonntag, Stachniss, Stoll

Danksagung

Zunächst möchte ich meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Roland Frankenberger für die Überlassung des Themas dieser Dissertation sowie für die Möglichkeit zur Promotion in der Abteilung für Zahnerhaltungskunde sehr herzlich danken.

Für seinen besonderen Einsatz, der weit über alle Verpflichtungen hinausging, danke ich Herrn OA Dr. Matthias J. Roggendorf.

Für die aussergewöhnlichen Fälle danke ich meinem Vater sowie den übrigen Spezialisten für Endodontie, Dr. Marga Ree, Dr. Terrell Pannkuk, Dr. Sashi Nallapati, Dr. Francesco Maggiore und Dr. Raphael Bellamy.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinem Freund Daniel Heekeren, der mich während meines gesamten Dissertationsvorhabens enorm unterstützt hat (nicht nur kulinarisch). Vielen Dank für deine Geduld!